МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

Ю. В. ШАШИН

ЭЛЕКТРОНИКА В ФОТОГРАФИИ



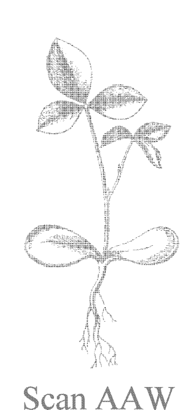
МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 844

Ю. В. ШАШИН

ЭЛЕКТРОНИКА В ФОТОГРАФИИ

*Издание третье,
переработанное и дополненное*





6Ф0.3
Ш 12
УДК 621.38:77

Шашин Ю. В.

Ш 12 Электроника в фотографии, изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1974.

96 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека, вып. 844).

Рассматриваются принципы построения и схемы различных электронных приборов, применяемых при фотосъемке и фотопечати. Даны рекомендации и отдельные расчетные формулы для выбора элементов схем. Изложены также некоторые положения теории фотографии, обусловливающие параметры электронных приборов и возможности их использования.

Книга предназначена для радиолюбителей-конструкторов, но может быть полезна также фотографам, использующим подобные приборы в своей практике.

Ш $\frac{30407-005}{051(01)-74}$ 295—74 **6Ф0.3**

ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ШАШИН

Электроника в фотографии

Редактор издательства *Т. В. Жукова*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Технический редактор *О. Д. Кузнецова*
Корректор *А. Д. Халанская*

Сдано в набор 21/V 1973 г. Подписано к печати 25/XII 1973 г. Т-19680
Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 5,04 Уч.-изд. л. 6,87
Тираж 30 000 экз. Зак 1. Цена 28 коп.

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Набрано в Московской типографии № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.
Отпечатано во Владимирской типографии Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Первые опыты применения электронных приборов в фотографии относятся к сравнительно давнему времени. Так, автоматические копировальные аппараты с использованием фотоэлементов были запатентованы еще в 1902 г. Несколько позже фотоэлементы стали использоваться в приборах для измерения оптической плотности негативов и освещенности при фотосъемке.

В настоящее время электронные фотоэкспонометры получили чрезвычайно широкое распространение и зачастую являются неотъемлемой принадлежностью фотокамер. Выпускаются также фотокамеры с автоматическими затворами, в том числе и такими, длительность открытого состояния которых не задается заранее, а определяется электронной схемой непосредственно в момент съемки.

Кроме приборов такого назначения не менее широкое применение находят приборы для искусственного освещения фотографируемых объектов — электронные фотовспышки и приборы для автоматического отсчета времени при лабораторных процессах и фотопечати. И те и другие прочно вошли в фотографическую практику, но продолжают совершенствоваться. Выпущены фотовспышки, автоматически дозирующие создаваемое освещение, предлагается много схем электронных устройств, обеспечивающих автоматическое определение экспозиции при фотопечати в соответствии с общей плотностью негатива или его отдельных точек. Известны и более сложные устройства, автоматически регулирующие не только плотность, но и контрастность получаемого фотоснимка.

Данная книга знакомит читателей с разносторонними возможностями применения электронных приборов в фотографии, а также задачами, возникающими при их конструировании. Предпочтение в ней отдается приборам и схемам, полезным в обычной фотографической практике и доступным для самостоятельного изготовления

В задачи книги входило помочь читателям не только в выборе и изготовлении описанных образцов, но и в конструировании новых приборов подобного назначения. С этой целью подробно описывается

принцип работы схем и приводятся отдельные формулы для расчета их элементов. Значительное место в книге уделено изложению некоторых фотографических законов, обусловливающих алгоритм действия и параметры электронных приборов, а также возможности их применения.

По этим же соображениям в данное издание включено краткое рассмотрение некоторых ошибок, допускаемых при конструировании и ставших, если судить по ряду прубликаций, типичными. Характер этих ошибок делает приборы непригодными для выполнения заданных функций, но в отличие от неизбежно проникающих опечаток они не могут быть обнаружены и устранены даже в процессе налаживания.

Помещенные в книгу описания приборов, выпускавшихся промышленностью и в разное время предложенных автором, подобраны так, чтобы показать возможность различных схемных решений тех или иных задач. Например, рассмотренные фотовспышки различны по способу питания, схемы реле времени различаются по использованным в них элементам и принципу срабатывания. С учетом этого в третьем издании сохранено описание некоторых приборов раннего выпуска, но добавлены материалы, отображающие новые задачи и возможные пути их решения.

Глава первая

ЭЛЕКТРОННЫЕ ФОТОВСПЫШКИ

Технические характеристики импульсных ламп и схемы их включения

Из электронных приборов, применяемых при фотосъемке, широкое распространение получили электронные фотовспышки, позволяющие в течение короткого промежутка времени получить высокую степень освещенности фотографируемого объекта. Источником света

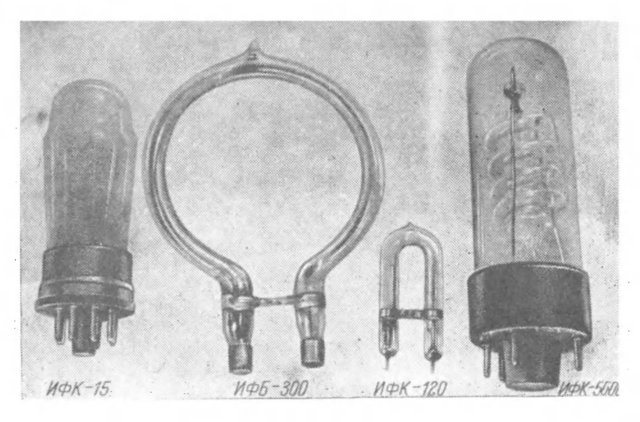


Рис. 1. Внешний вид импульсных ламп.

в них служат импульсные лампы (рис. 1), принцип действия которых основан на использовании искрового разряда, происходящего в инертном газе.

При подключении лампы к источнику тока и подведении к ее зажигающему электроду высоковольтного импульса происходит ионизация газа в лампе и возникает искровой разряд, сопровождающийся яркой световой вспышкой. Сопротивление лампы в момент

разряда очень мало, благодаря чему ток, проходящий через лампу, может достигать значительной величины (сотен ампер) и определяется лишь напряжением и внутренним сопротивлением источника тока. Чаще всего в качестве последнего используется конденсатор, заряжаемый в перерыве между вспышками и мгновенно отдающий запасенную энергию при разряде.

Энергия заряда конденсатора достаточно точно определяет и электрическую энергию вспышки:

$$E=U^2C/2,$$

где E — энергия заряда, *дж*; U — напряжение заряда, *кв*; C — емкость конденсатора, *мкф*.

Световая энергия вспышки (под этой величиной понимают произведение среднего светового потока на длительность вспышки) пропорциональна электрической энергии и соответственно изменяется при изменении величин, входящих в приведенную формулу.

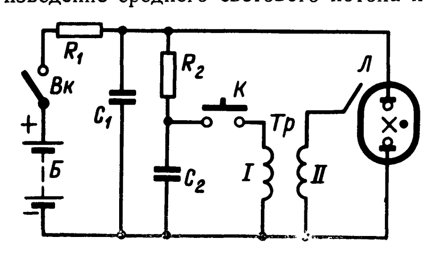


Рис. 2. Схема включения импульсной лампы.

Своеобразием освещения, получаемого с помощью импульсной лампы, является его кратковременность. Длительность вспышки $t_{всп}$, измеренная как время, в течение которого световой поток составляет не менее 35% своего максимума, находится в пределах от сотых долей до единиц миллисекунд и зависит от внутреннего сопротивления лампы и емкости питающего конденсатора. Величина $t_{всп}$ с достаточной точностью может быть подсчитана по формуле

$$t_{всп} = \frac{RC}{2} 10^{-3},$$

где $t_{всп}$ — длительность вспышки, *мсек*; R — сопротивление лампы, *ом*; C — емкость конденсатора, *мкф*.

Кроме того, импульсные лампы характеризуются диапазоном управляемости, иначе говоря, диапазоном изменения питающего напряжения, в котором возможно зажигание лампы высоковольтным импульсом и исключено произвольное зажигание (самопробой).

Одна и та же импульсная лампа может работать при различных значениях питающего напряжения, накопительной емкости и различной частоте повторения вспышек. Выбор этих величин ограничивается условиями максимально допустимой нагрузки на лампу. Значения фактора нагрузки $H=CU^4$ и средней мощности $P_{ср}=E/t$ (в ваттах), где t — интервал (в секундах) между вспышками, установленные для каждого типа ламп, не должны превышаться при их эксплуатации.

Параметры отечественных импульсных ламп приведены в табл. 1. Простейшая схема включения импульсной лампы приведена на рис. 2. Импульсная лампа *Л* постоянно соединена с питающим конденсатором C_1, который заряжается до напряжения источника питания (батарея *Б*) при замыкании цепи выключателем *Вк*.

Таблица 1

Основные данные отечественных импульсных ламп в номинальном режиме

Тип лампы	Энергия вспышки, *дж*	Рабочее напряжение, *в*	Напряжение зажигания, *в*	Напряжение самопробоя, *в*	Емкость конденсатора питания, *мкф*	Фактор нагрузки, *мкф·кв*^{4}	Средняя мощность, рассеиваемая в лампе, *вт*	Минимальный интервал между вспышками, *сек*	Световая энергия, *лм/сек*	Длительность вспышки, *мсек*	Внутреннее сопротивление лампы, *ом*	Срок службы, тысячи вспышек	Размеры светящейся части, *мм*
ИФК-20	20	130	100	700	2 500	1	2	10	200	0,2	0,16	10	∅7×10
ИФК-50	50	200	140	1 000	2 500	6	5	10	700	0,4	0,32	10	∅7×20
ИФК-120	120	300	180	1 000	2 500	25	12	10	2 500	1,2	1	10	7×23×30
ИФК-500	500	500	400	3 500	4 000	250	30	15	10 000	8	4	10	∅30×45
ИФК-2000	2 000	500	250	2 000	16 000	1 000	130	15	60 000	4	0,45	5	12×70×40
ИФБ-300	300	300	240	1 500	6 500	250	40	7,5	5 000	8	2,5	10	∅65
ИФП-200	200	1 250	1 100	1 900	250	600	27	7,5	3 500	0,4	2	3	∅8×200
ИФП-500	500	1 800	1 500	2 700	300	3 200	65	7,5	12 000	1,3	3,5	3	∅8×300
ИФП-1500	1 500	2 500	2 100	3 700	450	17 500	100	15	35 000	2,6	6	3	∅8×600
ИФП-4000	4 000	2 000	1 700	3 000	2 000	32 000	270	15	120 000	12	8	3	∅8,5×800
ИФП-15000	15 000	2 400	1 600	5 000	5 000	20 000	1 250	12	500 000	4,5	1,8	10	∅12×600
ИСТ-10	0,01	500	180	1 000	0,08	—	10	0,001	—	0,07	1	20	7×23×30

Резистор R_1 ограничивает ток в начале заряда и предотвращает переход искрового разряда в стационарный при вспышке, что возможно при большой мощности источника питания.

Электрод зажигания импульсной лампы соединен с обмоткой импульсного трансформатора *Тр*, первичная обмотка *I* которого может подключаться кнопкой *К* к конденсатору C_2, заряженному до напряжения источника питания. Отношение числа витков вторичной и первичной обмоток трансформатора обычно составляет около 100, и в момент резкого нарастания тока в первичной обмотке во вторичной индуцируется импульс высокого напряжения около 10 *кв*. Это вызывает ионизацию газа в лампе и приводит к возникновению в ней искрового разряда — вспышке за счет энергии конденсатора C_1. Запаздывание вспышки после замыкания контактов в цепи зажигания ничтожно мало (единицы микросекунд) и практически не учитывается.

Напряжение ионизации различно для ламп разного типа, однако вместо этой величины в технических характеристиках лампы обычно указывают данные импульсного трансформатора *Тр* и емкость питающего его конденсатора C_2. Напряжение заряда конденсатора обычно выбирается равным напряжению питания лампы, как это и имеет место в схеме на рис. 2, однако надежное зажигание ламп возможно и при значительно меньшем напряжении на этом конденсаторе.

Данные импульсных трансформаторов, рекомендуемых для отечественных ламп, приведены в табл. 2.

Рассмотренная схема зажигания импульсной лампы не является единственно возможной. Зажигание может также производиться импульсом напряжения, вводимого в цепь питания лампы (рис. 3). В момент замыкания кнопки *К* импульс напряжения, индуцированный во вторичной обмотке трансформатора *Тр*, суммируется с напряжением питания. Если сумма этих напряжений превышает величину, соответствующую самопробою для данной лампы, то происходит ионизация газа и ее зажигание. Преимуществом такого способа зажигания является возможность работы импульсной лампы при напряжении питания, пониженном относительно его номинального значения. При этом напряжение может быть таким, что зажигание обычным путем оказалось бы невозможным.

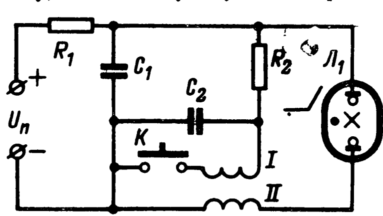


Рис. 3. Схема зажигания лампы импульсом в цепи питания.

Пределом снижения питающего напряжения является величина, близкая к напряжению гашения лампы. Значение последнего обычно в несколько раз ниже напряжения зажигания (например, для ламп ИФК-120 оно составляет 50—60 *в*). Очевидно, что энергия вспышки, определяемая энергией заряда основного накопительного конденсатора C_1, при этом уменьшается. Величина ее при более точном рассмотрении определяется так:

$$E = 0{,}5C\,(U^2 - U_{\text{г}}^2),$$

где $U_{\text{г}}$ — напряжение гашения.

Таблица 2

Основные данные импульсных трансформаторов и питающих их конденсаторов

Тип трансформатора	Для каких ламп данный трансформатор применяется	Первичная обмотка		Вторичная обмотка		Оправка		Пропитка	Емкость конденсатора C_2, *мкф*
		Число витков	Провод	Число витков	Провод	Диаметр, *мм*	Длина, *мм*		
1	ИФК-2000, ИФП-1500	25	ПЭЛ 0,93	2 500	ПЭШО 0,15	21	50	Масло	1
2	ИФК-500, ИФП-200, ИФП-500	27	ПЭЛ 0,8	3 000	ПЭШО 0,07	8	30	Канифоль с церезином	4
3	ИФК-20, ИФК-50 ИФК-120, ИСТ-10	30	ПЭЛ 0,69	2 000	ПЭШО 0,06	7	20	То же	0,1
4	ИФБ-300	30	ПЭЛ 0,69	2 000	ПЭШО 0,06	7	20	„ „	0,5

Примечания: 1. Напряжение заряда конденсатора равно напряжению, питающему лампу. Для лампы ИФК-2000 напряжение заряда конденсатора равно 800 *в*.

2. Трансформаторы выполняются без сердечников. Между слоями обмоток должны быть изолирующие прокладки.

Доля энергии, поступающей в цепь лампы за счет разряда конденсатора C_2, ничтожно мала и не может быть увеличена, так как мощность реального трансформатора *Тр* ограничена. Наличие в цепи разряда конденсатора C_1 обмотки *II*, обладающей активным сопротивлением и индуктивностью, вызывает некоторые потери энергии и увеличение длительности вспышки.

На практике целесообразно применять комбинированный способ зажигания (рис. 4). Такая схема полезна при использовании импульсных ламп с повышенным напряжением зажигания, например ИФБ-300, ИФК-500, и сравнительчо низковольтных конденсаторов типа ЭФ.

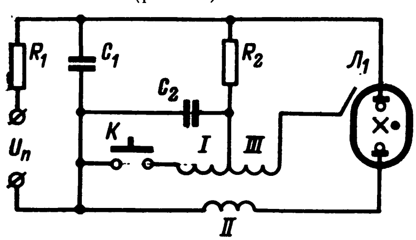


Рис. 4. Схема комбинированного зажигания импульсной лампы.

Влияние обмотки *II* трансформатора на длительность вспышки можно ограничить, выполнив его на тороидальном ферритовом сердечнике. Высокое значение начальной магнитной проницаемости сердечника позволяет сократить число витков в обмотках и тем самым уменьшить их активное сопротивление. В то же время прохождение по обмотке *II* значительного тока в процессе вспышки вызывает насыщение сердечника, вследствие этого индуктивность обмотки уменьшается и заметного влияния на длительность вспышки не оказывает.

Для ламп ИФК-500 такой трансформатор может быть изготовлен на тороидальном сердечнике из феррита 1 000 НМ размерами 25×12,5×7 *мм*. Обмотки *I* и *II* должны состоять соответственно из 5 и 10 витков провода ПЭВ 0,51, обмотка *III* — из 500 витков ПЭШО или ПЭВ 0,1—0,12. Трансформатор, выполненный по этим данным, обеспечивает работу лампы ИФК-500 при напряжении заряда питающего конденсатора 250—300 *в*.

Ведущее число фотовспышки

Осветительные свойства фотовспышки принято характеризовать ведущим числом. Под этим термином понимают произведение чисел диафрагмы объектива фотоаппарата на расстояние от фотовспышки до объекта съемки (в метрах), при котором на фотоматериале определенной светочувствительности (в СССР 130 ед. ГОСТ) обеспечивается получение нормально экспонированного негатива. Ведущее число L_2 для иной светочувствительности подсчитывается по формуле

$$L_2 = L_1 \sqrt{\frac{S_2}{130}},$$

где L_1 — ведущее число светочувствительности 130 ед. ГОСТ; S_2 — светочувствительность, ед. ГОСТ.

Подсчет ведущего числа для вновь изготовленной фотовспышки довольно затруднителен, поскольку, кроме электрической энергии вспышки, ведущее число зависит от светоотдачи импульсной лампы и отражательной способности примененного рефлектора. Последний, собирая световой поток, усиливает его с коэффициентом от 2 до 10.

При одинаковых свойствах рефлектора и равной светоотдаче ламп ведущее число прямо пропорционально корню квадратному из энергии вспышки. Например, увеличение энергии вспышки от 40 до 80 *дж* приводит к увеличению ведущего числа в 1,41 раза. Примерно так же изменяется ведущее число при использовании двух однотипных фотовспышек. Соответственно применение трех и более фотовспышек увеличивает ведущее число в $\sqrt{n}$ раз, где n — число фотовспышек. Приведенная зависимость справедлива при близком расположении фотовспышек и одинаковом направлении света от них.

Наиболее просто ведущее число фотовспышек определяется практически путем пробных съемок. С этой целью производят ряд снимков какого-либо объекта, каждый раз изменяя на одно деление величину диафрагмы. Выбрав после проявления пленки нормально экспонированный негатив, умножают соответствующее ему число диафрагмы на расстояние, с которого производилось освещение объекта. Другим практическим способом определения ведущего числа является одновременное фотографирование нескольких предметов, расставленных по направлению света фотовспышки с интервалом 1 *м*.

Ведущее число является важнейшей характеристикой фотоосветительного прибора и единственным, хотя и не совсем точным, руководством в выборе экспозиции при съемке. Значение диафрагмы, необходимой для получения нормально экспонированного негатива, легко находится делением ведущего числа на число метров расстояния до объекта съемки. Некоторая неточность в этом случае обусловливается наличием света от других источников, что и должно учитываться при съемках с фотовспышками.

Необходимо отметить, что выбор экспозиции при съемках с фотовспышкой возможен лишь за счет изменения диафрагмы объектива фотоаппарата. Возможно также применение нейтральных (серых) светофильтров, частично поглощающих свет. Регулировка экспозиции изменением выдержки вследствие кратковременности вспышки исключается, более того, при использовании фотоаппаратов со шторными затворами (ФЭД, «Зоркий» и др.) допустима лишь вполне определенная выдержка. Причины таких ограничений вытекают из особенностей работы фотографических затворов и рассмотрены в гл. 2.

Электронные фотовспышки «Луч»

Электронные фотовспышки «Луч» (все модели начиная с «Луч-57») относятся к числу приборов, питаемых непосредственно от высоковольтного источника тока; они рассчитаны на применение батарей типа 330-ЭВМЦГ-1000. При некоторых неудобствах, связанных с довольно большими габаритами и массой батарей, достигающей 2 *кг*, такой способ питания выгоден своей простотой и обеспечивает высокую надежность действия фотовспышки. Во многих случаях фотографической практики это обстоятельство является решающим и фотовспышки с таким питанием широко распространены.

Важной особенностью фотовспышек «Луч» является наличие в них переключателя, позволяющего изменять емкость накопитель-

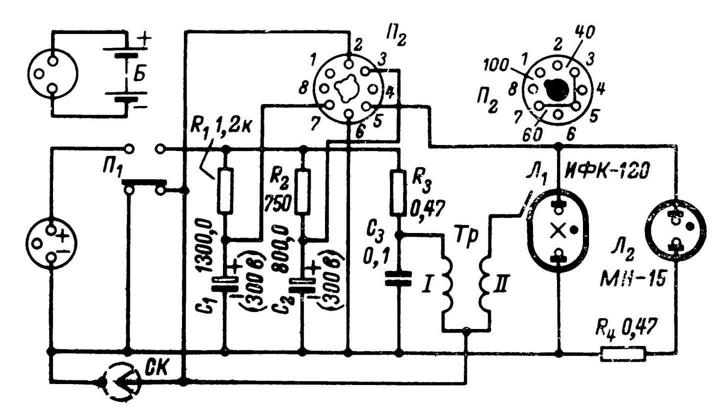


Рис. 5. Схема фотовспышки «Луч-59».

ного конденсатора и тем самым значения энергии вспышки и ведущего числа. При использовании новой батареи электрическая энергия вспышек составляет 40, 60 или 100 *дж*, что обеспечивает значения ведущего числа 26, 33 и 42. Одновременно изменяется и длительность вспышки, примерно равная 0,5, 1 и 2 *мсек*.

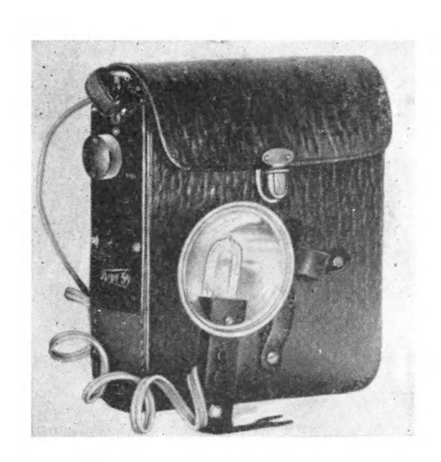


Рис. 6. Внешний вид фотовспышки «Луч-59».

На рис. 5 приведена принципиальная схема фотовспышки «Луч-59». Изменение накопительной емкости осуществляется переключателем $П_2$, с помощью которого к импульсной лампе $Л_1$ подключаются два или один из двух конденсаторов C_1 и C_2 типа ЭФ-300-1300 и ЭФ-300-800. Этот переключатель выполнен в виде октальной ламповой панели, контакты которой замыкаются между собой перемычками на подвижной колодке.

Заряд конденсаторов C_1 и C_2 происходит через ограничительные резисторы R_1 и R_2. Спустя некоторое время после подключения переключателем $П_1$ батареи $Б$ оба конденсатора оказываются одинаково заряженными. Такое включение их, несколько увеличивая расход электроэнергии батареи (за счет тока утечки неиспользуемого конденсатора), полностью исключает искрение в контактах переключателя. В ином случае замыкание между собой (положение 100 *дж*) различно заряженных конденсаторов вызвало бы чрезмерно большой ток через контакты.

Вследствие значительного внутреннего сопротивления батареи напряжение на конденсаторе нарастает сравнительно медленно (в течение 5—10 *сек*), и для индикации готовности прибора к работе в схему введена неоновая лампа $Л_2$ типа МН-15; она зажигается при достижении на конденсаторе напряжения около 250 *в*. Резистор R_4 ограничивает ток горения этой лампы, не оказывая влияния на потенциал ее зажигания.

Замыкание цепи поджига лампы $Л_2$ производится синхроконтактами, находящимися в фотоаппарате. Соединение их с фотовспышкой осуществляется двухпроводным кабелем со штекером *СК*. Синхроконтакты механически связаны с затвором фотоаппарата и замыкаются в момент его открытия. Благодаря этому вспышка импульсной лампы происходит точно во время съемки. Для получения вспышки при работе с фотоаппаратами, не имеющими синхроконтактов, а также вспышки с целью разряда накопительных конденсаторов при выключении источника питания переключатель $П_1$ ставят в нижнее (по схеме) положение, также подключая к обмотке трансформатора конденсатор C_3.

Фотовспышки типа «Луч» представляют собой пример удачного конструктивного решения (рис. 6); они удобны в переноске и пользовании. При фотосъемке осветитель с помощью выдвижных лапок может быть укреплен на фотоаппарате или рядом с ним. Синхроконтакты фотоаппарата соединяются с фотовспышкой отдельным двухпроводным кабелем, выходящим из блока питания. Это позволяет перемещать в некоторых пределах осветитель относительно фотоаппарата, выбирая наиболее подходящее направление света.

Выпрямитель для восстановления батарей

Интенсивный разряд батареи, имеющий место при частом пользовании фотовспышкой, ведет к довольно быстрому снижению питающего напряжения. Это является следствием как наличия тока утечки, так и потребления значительного тока при зарядке конденсатора. Известно, что превышение нормального значения разрядного тока отрицательно отражается на сроке службы гальванической батареи. Емкость ее в этом случае полностью не используется и фактическое значение ее оказывается ниже номинального. Однако спустя некоторое время напряжение батареи возрастает и ее работоспособность частично восстанавливается. Этот процесс можно ускорить, подключая батарею к источнику постоянного тока с напряжением, несколько превышающим ее номинальное.

Далее описывается выпрямитель для такого восстановления батарей типа 330-ЭВМЦГ-1000. С его помощью удается восстанавливать работоспособность батареи в пределах до 30—40% ее начальной емкости. Длительное хранение батареи, особенно разряженной, приводит к необратимым химическим процессам в ней, в том числе и разрушению цинкового электрода. Восстановить такую батарею невозможно.

Принципиальная схема выпрямителя приведена на рис. 7. Это обычный двухполупериодный выпрямитель с удвоением напряжения. При включении в электросеть 127 *в* конденсаторы C_1 и C_2 заряжаются через полупроводниковые диоды $Д_1$ и $Д_2$ примерно до амплитудного значения напряжения электросети. В положительный полупериод сетевого напряжения проводящим оказывается диод $Д_1$;

при этом происходит заряд конденсатора C_1. В отрицательный полупериод заряжается конденсатор C_2. Напряжение, приложенное к конденсатору C_3, равно сумме напряжений на конденсаторах C_1 и C_2, что составляет 330—350 *в*.

Резистор R_1 предохраняет диоды от резкого броска тока при включении выпрямителя в электросеть. С помощью переключателя *П* схема преобразуется в однополупериодную, без удвоения напряжения, что используется при включении в электросеть 220 *в*. В этом случае напряжение на конденсаторе C_3 примерно равно амплитуде

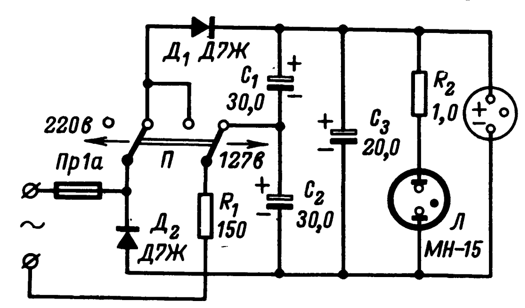


Рис. 7. Схема выпрямителя для восстановления батарей.

сетевого напряжения, т. е. 300—320 *в*. Неоновая лампа *Л* служит индикатором включения выпрямителя. Емкость конденсаторов C_1, C_2 и C_3 должна быть не менее указанной на схеме (при возможности ее лучше увеличить). Можно применить конденсаторы любого типа на рабочее напряжение не менее 200 *в* для C_1 и C_2 и 450 *в* для конденсатора C_3.

Выпрямитель включается так, чтобы полярность напряжений выпрямителя и батареи совпадала. Время, необходимое для восстановления батареи, составляет 6—8 *ч*.

Выпрямители сетевого напряжения для фотовспышек. Фотовспышка ФИЛ-40

В отдельных случаях при фотосъемках в электрифицированных помещениях питание фотовспышки может производиться от сети переменного напряжения с помощью выпрямителя. Некоторое неудобство — наличие соединительных проводов, ограничивающих движение фотографа, в значительной мере окупается портативностью и простотой питающего устройства.

При электросети с напряжением 220 *в* выпрямитель может состоять всего лишь из одного-двух полупроводниковых диодов: двух типа Д7Ж, Д226Б или одного — типа Д211, Д217. Некоторые фотовспышки, рассчитанные на батарейное питание, снабжаются такими выпрямителями («Луч-61»; «Луч-63» и др.), и предусматривается возможность включения их в электросеть.

Для питания от электросети 127 *в* выпрямитель должен иметь в своем составе повышающий трансформатор или может быть со-

бран по схеме с удвоением напряжения. С этой целью может быть использован выпрямитель, собранный по схеме рис. 7, однако более удобной в этих случаях оказывается схема однополупериодного выпрямления (рис. 8), требующая лишь одного дополнительного конденсатора. Удвоение напряжения на выходе выпрямителя происходит за счет заряда конденсатора C_1 в один из полупериодов сетевого напряжения и сложения последнего с напряжением на конденсаторе в следующий полупериод. С помощью переключателя *П* схема преобразуется в обычную и может быть использована при электросети с напряжением 220 *в*.

Такой выпрямитель чрезвычайно прост и обеспечивает быстрый заряд накопительного конденсатора фотовспышки (в течение 2—3 *сек*). Однако серьезнейшим недостатком его является непосредственное соединение минусового провода с одним из проводов электросети, которые обычно соединяются с землей. При съемках в сырых помещениях синхроконтакты и корпус фотоаппарата могут оказаться под напряжением, опасным для жизни. Это обстоятельство (в равной мере затрагивающее и выпрямители по схеме рис. 7) вынуждает применять специальные меры, предупреждающие опасность поражения током.

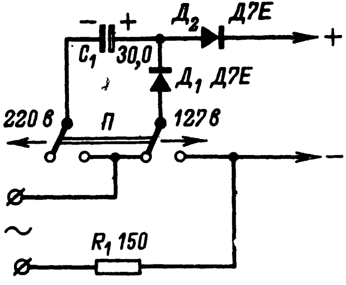


Рис. 8. Схема бестрансформаторного выпрямителя для фотовспышки.

Примером этому может служить схема фотовспышки ФИЛ-40, предназначенная в основном для питания от электросети 220 *в* (рис. 9). Схема фотовспышки допускает применение и высоковольтных батарей, поскольку наличие выпрямительных диодов $Д_1$ и $Д_2$ не только не препятствует работе от источника постоянного тока, но и предотвращает порчу накопительного конденсатора C_1 при ошибочной перемене полярности этого источника. Безопасность пользования фотовспышкой при питании от сети достигается путем отделения цепи синхроконтактов от общего минусового провода с помощью высокоомных резисторов. Благодаря этому ток, возникаю

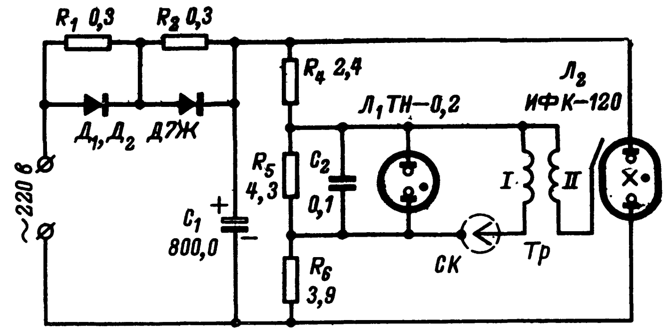


Рис. 9. Схема фотовспышки ФИЛ-40.

щий в цепи корпус фотоаппарата — земля, значительно уменьшается.

Аналогичные изменения схемы зажигания могут быть произведены и в большинстве других фотовспышек. Без этого применение простейших выпрямителей (рис. 7, 8) недопустимо.

Схема питания импульсного трансформатора *Тр* и индикации напряжения в фотовспышках типа ФИЛ совмещены. Конденсатор C_2 заряжается напряжением, снимаемым с делителя R_4, R_5 и R_6. При зарядке конденсатора C_2 до потенциала зажигания неоновой лампы $Л_1$ последняя вспыхивает и, несколько разрядив конденсатор, гаснет. Частота вспышек неоновой лампы определяется постоянной времени цепи и зависит от напряжения на конденсаторе C_1. С ростом этого напряжения частота вспышек увеличивается и становится постоянной при полном заряде конденсатора C_1. При использовании такой схемы индикации в самодельных фотовспышках резистор R_5 подбирают так, чтобы при заряде накопительного конденсатора до напряжения 300 *в* отдельные вспышки лампы были неразличимы. Отделение цепи синхроконтактов устраняет опасность поражения током, однако, поскольку эта цепь оказывается не полностью изолированной от проводов сети, применять подобные фотовспышки в сырых помещениях не рекомендуется.

Значительно более надежной мерой, полностью устраняющей воздействие тока, является применение разделительного трансформатора. Схема такого выпрямителя приведена на рис. 10. Ввиду весьма малого потребления мощности от трансформатора *Тр* габариты его могут быть невелики. Размеры сердечника трансформатора в основном определяются необходимостью размещения значительного количества витков обмоток. Трансформатор может быть выполнен на сердечнике сечением 16×17 *мм*. Сетевая обмотка *I* содержит 2 900 витков провода ПЭЛ 0,12 с отводом от 1700-го витка. Вторичная обмотка *II* выполнена проводом ПЭЛ 0,1 и имеет 3 000 витков.

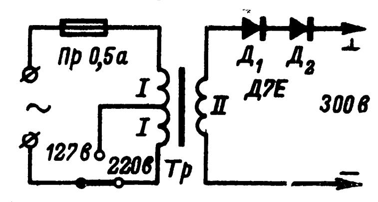


Рис. 10. Схема выпрямителя для питания фотовспышек от сети.

Помимо питания фотовспышки при съемках, применение выпрямителя оказывается особенно полезным для формовки накопительных электролитических конденсаторов. Как известно, ток утечки конденсаторов типа ЭФ при длительном их хранении сильно возрастает. Однако величина его может быть возвращена к прежним значениям путем формовки — включением конденсатора под напряжение на сравнительно продолжительное время — 0,5—2,0 *ч*. Использование для этой цели гальванических батарей крайне нецелесообразно, тем более что восстановление свойств конденсатора при питании от выпрямителя происходит быстрее, особенно при периодическом заряде и разряде.

Электронные фотовспышки с вибропреобразователями

Использование для питания электронных фотовспышек высоковольтных батарей и тем более сетевых выпрямителей оказывается далеко не всегда удобным. Большее распространение среди фото-

любителей получили фотовспышки с низковольтными источниками тока и преобразователями для повышения их напряжения.

В ранних моделях, особенно за рубежом, для этой цели широко применялись вибропреобразователи. Преимуществом их является возможность обеспечения сравнительно быстрого заряда накопительного конденсатора, а при самостоятельном их изготовлении и чрезвычайная простота наладки. Примером фотовспышки с таким питанием может служить одна из первых моделей фотовспышек ФИЛ (рис. 11). В качестве первичных источников тока в фотовспышке

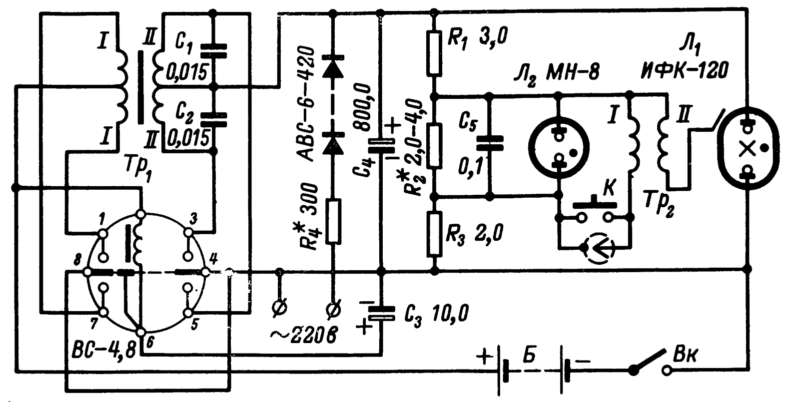


Рис. 11. Схема фотовспышки с вибропреобразователем.

используются батареи для карманного фонаря типа КБС-Л-0,5 с начальным напряжением около 4 *в*. Комплект питания состоит из четырех параллельно включенных батарей и обеспечивает примерно 100 вспышек с энергией 36 *дж*.

Повышение напряжения и заряда накопительного конденсатора C_1 производится с помощью синхронного вибропреобразователя, в схему которого входят вибратор типа ВС-4,8, повышающий трансформатор $Тр_1$ и искрогасительные конденсаторы C_1, C_2 и C_3. При работе вибратора его контакты *1*, *8* и *7* производят попеременное подключение концов первичной обмотки *I* трансформатора $Тр_1$ к батарее питания. Вследствие этого в сердечнике трансформатора образуется переменный магнитный поток, индуктирующий во вторичной обмотке *II* переменное напряжение. Амплитуда последнего определяется отношением числа витков обмоток трансформатора и напряжением на первичной обмотке.

Трансформатор $Тр_1$ выполнен на сердечнике сечением 3,2 *см*². Обмотка *I* состоит из 2×34 витков провода ПЭЛ 0,62, а обмотка *II* — из 2×3 350 витков ПЭЛ 0,1. Таким образом, отношение числа витков примерно равно 100, что обеспечивает получение повышенного напряжения 300 *в*.

Выпрямление переменного напряжения производится с помощью контактов *3*, *4* и *5* вибратора, которые синхронно с рабочими контактами в первичной цепи подключают общий провод схемы попеременно к концам вторичной обмотки. Напряжение, полученное после выпрямления, оказывается приложенным к конденсатору C_4

и постепенно заряжает его. Заряд конденсатора длится 6—10 *сек* в зависимости от степени разряженности питающих батарей. При отсутствии батарей, а также в целях экономии их энергии заряд конденсатора C_4 может производиться от электросети напряжением 220 *в*. Для выпрямления сетевого напряжения используется селеновый столбик типа АВС-6-420.

Схема автоматического выключения вибропреобразователя фотовспышки

Одним из недостатков, свойственных вибропреобразователям, является потребление значительного тока в режиме холостого хода. Это вынуждает выключать вибропреобразователь после окончания заряда конденсатора фотовспышки и вновь включать его для повторного заряда. Эти операции отвлекают внимание фотографа, тем более что в ожидании съемки может потребоваться и подзаряд конденсатора.

Работу вибропреобразователя можно автоматизировать с помощью схемы на транзисторах, изображенной на рис. 12. При заряде конденсатора C_4 до заданного напряжения работа вибратора прекращается и возобновляется после снижения напряжения на 20—30 *в*. Поскольку коммутация значительного тока в общей первичной цепи вибропреобразователя затруднена, а применение промежуточных реле нежелательно, коммутируется лишь ток в цепи обмотки возбуждения вибратора. При отсутствии тока через эту обмотку контакты якоря вибратора устанавливаются в среднем положении, не замыкая рабочих контактов *1* и *7*.

В описываемой схеме коммутирующим элементом является транзистор T_1. При включении источника питания выключателем *Вк* в цепи база — эмиттер транзистора T_1 проходит ток, ограничиваемый резистором R_1. Величина его выбрана такой, чтобы ток был достаточен для полного отпирания транзистора Сопротивление последнего в этом режиме невелико (десятые доли ома), и заметного падения напряжения на нем не происходит. Напряжение батареи *Б* оказывается приложенным почти полностью к обмотке возбуждения вибратора, и он нормально работает. Ток во вторичной цепи выпрямляется контактами *3*, *4*, *5* и постепенно заряжает накопительный конденсатор C_4.

Это положение не меняется до тех пор, пока напряжение, поступающее с делителя R_4R_5 на электроды неоновой лампы *Л*, не достигает потенциала ее зажигания. Сопротивления резисторов делителя подобраны так, чтобы зажигание лампы *Л* произошло при заряде конденсатора C_4 примерно до напряжения 300 *в*. Неоновая лампа зажигается, и ток горения ее проходит по участку база — эмиттер ранее запертого транзистора T_2. Ток в цепи его базы вызывает ток коллектора, сопротивление транзистора уменьшается и шунтирует управляющую цепь транзистора T_1. Сопротивление последнего возрастает, ток через обмотку возбуждения уменьшается, и работа вибратора прекращается.

Для поддержания открытым транзистора T_2 достаточен весьма незначительный ток в цепи его базы (0,2—0,5 *ма* в зависимости от коэффициента усиления транзистора). Пока напряжение, снимаемое с делителя R_4R_5, будет выше напряжения гашения лампы *Л*, в этой цепи будет течь ток и транзистор T_2 будет оставаться загертым, а вибропреобразователь выключенным.

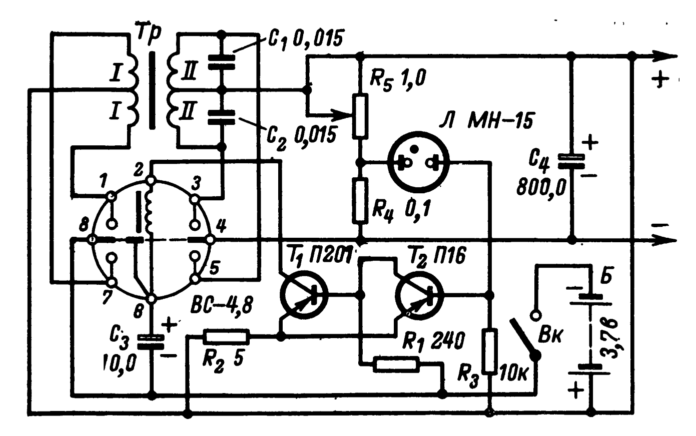


Рис. 12. Схема вибропреобразователя с автоматическим выключением.

При разряде конденсатора C_4 (частичном или полном) напряжение на делителе падает, неоновая лампа *Л* гаснет и описанный процесс повторяется. Во избежание значительных перепадов напряжения на конденсаторе C_4 разница между напряжением зажигания и гашения неоновой лампы не должна быть велика. Для лампы типа МН-15 сна составляет примерно 30 *в*. Очевидно, что неоновая лампа *Л* может служить и световым индикатором готовности фотовспышки к работе. Вспышка может быть произведена в любой момент после первого зажигания неоновой лампы, поскольку после этого напряжение на конденсаторе C_4 существенно не снижается. Переменный резистор R_5, входящий в делитель напряжения, позволяет в некоторых пределах выбирать момент выключения вибратора и тем самым регулировать напряжение на конденсаторе C_4.

В случае добавления автоматического выключателя в фотовспышку ФИЛ необходимо учесть, что с первичной цепью вибропреобразователя должен быть соединен плюсовой провод высокого напряжения и в соответствии с этим придется изменить соединение в схеме.

Транзисторные преобразователи напряжения по схеме мультивибратора

Работа вибраторов в рассмотренных схемах вибропреобразователей сводится к периодическому включению и смене направления тока в первичной обмотке повышающего трансформатора. Эту роль могут выполнять и транзисторы, обладающие в открытом состоянии очень малым, а в закрытом очень большим внутренним сопротивлением.

Переключение тока в обмотке трансформатора благодаря безынерционности транзисторов может производиться с весьма высокой частотой (до 10—15 *кгц*), что позволяет значительно уменьшить

размеры трансформатора и вследствие увеличения скорости переключения сократить потери в нем. Переключение транзисторов может осуществляться как с помощью дополнительного генератора, так и при работе их в автоколебательном режиме. В последнем случае преобразователь собирается по схеме блокинг-генератора или мультивибратора. Эти схемы различаются способом создания обратной связи и обладают рядом особенностей.

На рис. 13 показана схема преобразователя, представляющего собой симметричный мультивибратор. Обратная связь для его возбуждения осуществляется через конденсаторы C_1 и C_2. Резисторы

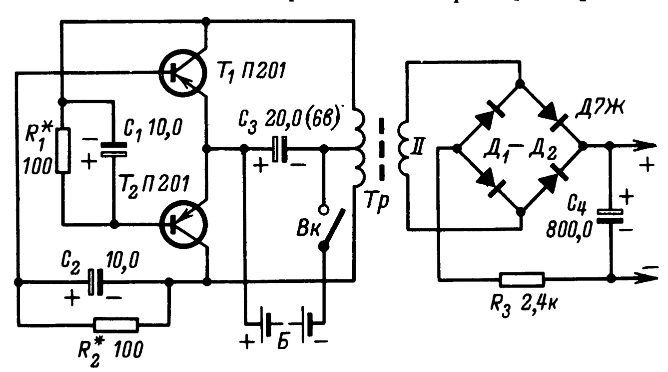


Рис. 13. Транзисторный преобразователь напряжения по схеме мультивибратора.

R_1 и R_2 служат для разряда этих конденсаторов и начального отпирания транзисторов T_1 и T_2.

При включении питающей батареи коллекторный ток одного из транзисторов (например, T_1) в силу каких-либо причин нарастает быстрее, чем у другого, а напряжение на нем оказывается ниже. Из-за наличия связи между транзисторами это препятствует нарастанию коллекторного тока транзистора T_2 и приводит к росту напряжения на нем. Последнее вызывает заряд конденсатора C_2 через цепь эмиттер — база транзистора T_1, еще более открывая транзистор. После окончания заряда конденсатора C_2 транзистор T_1 оказывается закрытым и нарастание напряжения на его коллекторе аналогичным образом приводит к увеличению коллекторного тока транзистора T_2. Частота образовавшихся колебаний определяется постоянными времени R_1C_1 и R_2C_2 и зависит от величины питающего напряжения.

При работе мультивибратора, так же как и при работе вибропреобразователя, напряжение источника питания оказывается приложенным попеременно то к одной, то к другой половине первичной обмотки *I* трансформатора *Тр*. Вследствие этого на концах вторичной обмотки *II* возникает переменное напряжение с формой, близкой к прямоугольной. Амплитуда его определяется коэффициентом трансформации, напряжением источника тока и нагрузкой во вторичной цепи.

Переменное напряжение выпрямляется полупроводниковыми диодами $Д_1$—$Д_4$, включенными по мостовой схеме, и постепенно

заряжает накопительный конденсатор C_4 до напряжения примерно 300 *в*. Резистор R_3 в этой цепи несколько выравнивает величину тока в процессе заряда. Заряд конденсатора C_4 при емкости 800 *мкф* и использовании в качестве источника питания двух параллельно соединенных батарей типа КБС-х-0,7 длится 12—15 *сек*. После 60—70 циклов заряда длительность его увеличивается до 20—25 *сек*. Ток, потребляемый от батарей в начале заряда, равен 1,5—2 *а* и постепенно уменьшается до величины, определяемой в основном утечками во вторичной цепи. Потребление тока при отключенном конденсаторе C_4 составляет 100—150 *ма*.

Данная схема обладает высокой надежностью возбуждения и некритичностью в отношении параметров повышающего трансформатора. С целью сокращения габаритов применен трансформатор с ферритовым тороидальным сердечником диаметром 20 *мм* (два кольца). Проницаемость сердечника равна 2 000. Первичная обмотка *I* содержит 2×15 витков провода ПЭВ 0,55 (наматывается двумя проводами параллельно), а вторичная около 1 600 витков (практически до заполнения) ПЭВ 0,1.

При сохранении соотношения числа витков трансформатор *Тр* может быть выполнен как на ферритовых сердечниках большего диаметра, так и с обычными сердечниками из трансформаторной стали или пермаллоя. В последних случаях сечение сердечника должно быть не менее 0,6—0,7 $см^2$.

Вместо транзисторов типа П201 могут быть использованы любые другие, рассчитанные примерно на такую же мощность, в частности П213.

Правильно смонтированный преобразователь начинает работать без какой-либо наладки. Однако для получения оптимальных результатов необходимо подобрать величины резисторов R_1, R_2 и возможно также конденсаторов C_1, C_2. Транзисторы T_1 и T_2 желательно иметь с примерно одинаковыми параметрами и коэффициен-

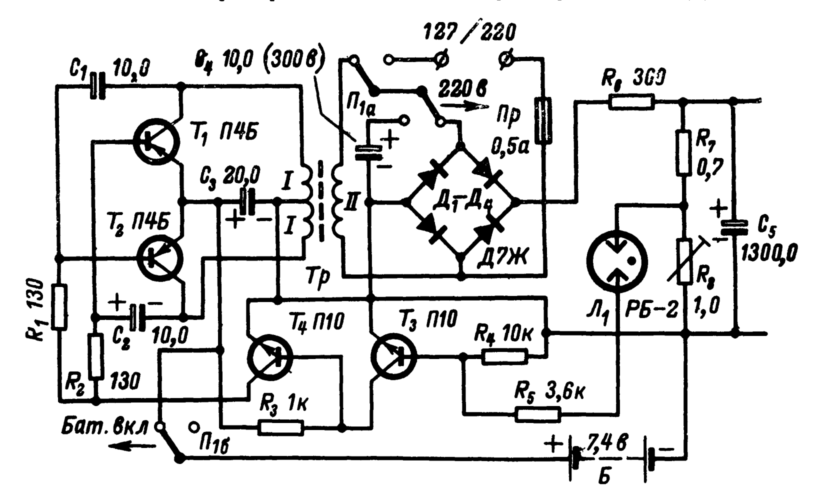


Рис. 14. Преобразователь по схеме мультивибратора с автоматическим выключением.

том усиления β не менее 30 (таким требованиям отвечает большинство выпускаемых транзисторов данного типа).

Недостатком рассмотренной схемы преобразователя является влияние на выходное напряжение изменений напряжения батареи питания. Этот недостаток устраняется при введении в схему автоматического выключателя подобно тому, как это сделано для вибропреобразователя (см. рис. 12).

Схема преобразователя с автоматическим выключателем приведена на рис. 14.

В этой схеме транзисторы T_3, T_4 образуют также реверсивный триггер, выходной транзистор T_4 которого служит для коммутации тока смещения транзисторов T_1, T_2 мультивибратора. При включении питающей батареи переключателем $П_1$ транзистор T_4 оказывается открытым, благодаря чему обеспечивается нормальная работа мультивибратора.

В момент заряда накопительного конденсатора C_5 до напряжения примерно 300 *в* ток, проходящий в цепи газоразрядного прибора $Л_1$, вызывает срабатывание триггера и отключение базовых цепей транзисторов T_1, T_2 от источника тока. Такой способ срыва генерации в мультивибраторе не является наилучшим. Базовые цепи транзисторов оказываются разорванными, и возможны отдельные кратковременные всплески колебаний. Однако при напряжении питания значительно более низком, чем допустимое для транзисторов данного типа, этот способ приемлем и дальнейшее усложнение схемы оказывается неоправданным.

Применение в качестве элемента фиксации напряжения газонаполненного разрядника $Л_1$ типа РБ-2, имеющего малую разницу напряжений зажигания и гашения, позволяет уменьшить перепады напряжения на накопительном конденсаторе C_5 до 10—15 *в*. С этой же целью при использовании вместо разрядника неоновых ламп параллельно резистору R_8 можно включить конденсатор емкостью 10—20 тыс. *пф*. При наличии этого конденсатора горение лампы приобретает характер часто повторяющихся вспышек и окончательное гашение лампы происходит при более высоком напряжении на конденсаторе C_5.

Описываемый преобразователь рассчитан на применение в фотовспышке с емкостью накопительного конденсатора C_5 1 300 *мкф*, поэтому здесь применены более мощные в сравнении со схемой на рис. 13 транзисторы типа П4Б и изменены данные повышающего трансформатора $Тр_1$. Последний выполнен на тороидальном сердечнике из феррита 1000НМ с размерами 32×20×14 *мм* (два кольца) и имеет две обмотки по 32 витка провода ПЭВ 1,0. Вторичная обмотка содержит 1 800 витков провода ПЭВ 0,1—0,12.

Увеличение количества витков в первичных обмотках связано с тем, что батареи КБС-Л-0,5 (две), являющиеся источником питания, здесь включены последовательно. Повышение питающего напряжения при равной мощности, потребляемой во вторичной цепи, позволяет снизить потери в коллекторных цепях транзисторов, более заметные при данной емкости накопительного конденсатора C_5. Процесс заряда этого конденсатора при новых батареях длится не более 15 *сек*.

Выпрямитель во вторичной цепи преобразователя (диоды $Д_1$—$Д_4$) может быть использован при включении в электросеть для питания фотовспышки во время съемки или формировки накопительного конденсатора. При напряжении сети 127 *в* схема выпря-

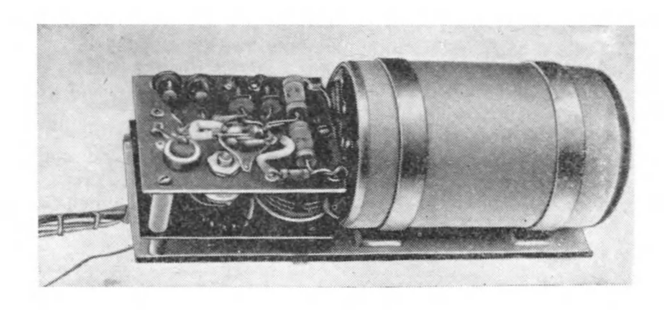


Рис. 15. Преобразователь напряжения для фотовспышки с автоматическим выключением.

мителя с помощью переключателя $П_2$ преобразуется в удвоительную. В этом же положении переключателя $П_2$ возможна работа и от батарей. При этом выпрямление выходного напряжения мультивибратора осуществляется также с удвоением его величины, что обеспечивает более быстрый заряд конденсатора C_5 при старых, полуразряженных батареях и дает возможность работать от одной батареи вместо двух.

Внешний вид преобразователя показан на рис. 15.

Преобразователь с обратной связью по выходному току

Условия работы транзисторных преобразователей в схемах фотовспышек оказываются довольно сложными. В начальный момент заряда накопительный конденсатор представляет собой нагрузку, соответствующую короткому замыканию цепи. Постепенно эта нагрузка уменьшается и к концу заряда определяется в основном током утечки конденсатора. Такой характер нагрузки затрудняет выбор величины обратной связи, особенно критичной, для схем блокинг-генераторов. Сильная связь, выбранная для устойчивого запуска генератора в начале работы, оказывается в последующем избыточной и вызывает заметное снижение к. п. д. преобразователя.

Значительными преимуществами в этом отношении обладают генераторы, обратная связь в которых осуществляется за счет выходного тока (а не напряжения, как в обычных схемах). Одна из простейших схем преобразователей подобного типа приведена на рис. 16. Обратная связь в таком генераторе создается за счет прохождения импульсов тока заряда накопительного конденсатора C_4 по базовым цепям транзисторов T_1 и T_2. Первый из них служит усилителем тока и включен по схеме эмиттерного повторителя.

Появление тока в коллекторной цепи транзистора T_2 при включении батареи питания вызывает появление напряжения на концах вторичной обмотки трансформатора Tp и соответственно тока в этой цепи. Благодаря наличию положительной обратной связи происходит нарастание этих токов. При этом коллекторный ток транзистора T_2 нарастает до значений, определяемых режимом насыщения либо самого транзистора, либо сердечника трансформатора в его цепи.

В последнем случае рост тока в первичной обмотке не будет сопровождаться увеличением напряжения во вторичной и поэтому прекратится. Начало нового периода колебаний дает импульс напряжения, образующийся за счет энергии магнитного поля обмотки *II* и параллельно включенного конденсатора C_1.

Наличие обратной связи по выходному току благоприятно отражается на параметрах преобразователя. Его выходное сопротивление уменьшается, и напряжение на выходе становится менее зависимым от величины нагрузки. В то же время зависимыми от

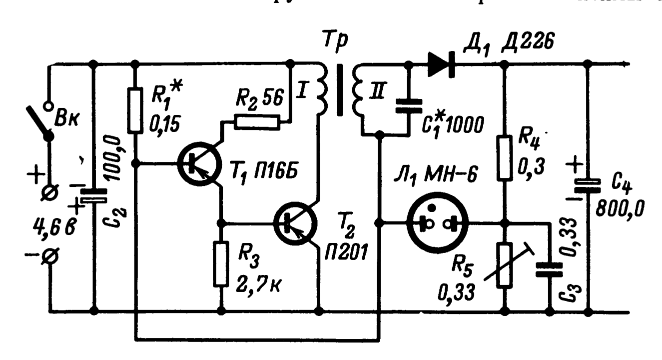


Рис. 16. Схема транзисторного преобразователя с обратной связью по току.

нагрузки, т. е. от степени заряженности накопительного конденсатора C_4, оказываются режим работы генератора и ток, потребляемый им от источника питания.

Уменьшение к концу заряда тока через конденсатор C_4 и, следовательно, напряжения обратной связи, поступающего на транзистор T_1, облегчает срыв генерации, необходимый для автоматизации выключения. Прекращение генерации произойдет и самопроизвольно при зарядке конденсатора C_4 до напряжения, близкого к напряжению холостого хода преобразователя. Последнее, однако, зависит от напряжения батареи питания. Эта зависимость отражается и на напряжении заряда конденсатора C_4.

Во избежание этого напряжение холостого хода преобразователя, определяемое соотношением витков в обмотках трансформатора *Тр*, выбирается несколько большим номинального напряжения питания импульсной лампы. Выключение же генератора производится при зарядке конденсатора C_4 до этого значения с помощью неоновой лампы $Л_1$. Ток, протекающий в цепи этой лампы при ее зажигании, выделяет на входе транзистора T_1 положительное напряжение, компенсирующее действие обратной связи. Момент зажигания лампы выбирается изменением сопротивления одного из резисторов делителя R_4 и R_5, включенного параллельно конденсатору C_4.

Конденсатор C_3 служит для увеличения тока в цепи неоновой лампы в начальный момент ее горения. Характер его влияния в дальнейшем зависит от соотношения емкости конденсатора C_3 и сопротивлений резисторов делителя R_4, R_5. При значениях, указанных на схеме, неоновая лампа гаснет при снижении напряжения на кон-

денсаторе C_4 несколько меньшем, чем это было бы при отсутствии конденсатора C_3. После гашения лампы генерация возобновляется и конденсатор C_4 подзаряжается. При увеличении емкости конденсатора C_3 горение неоновой лампы становится прерывистым и генерация прекращается лишь на короткое время ее вспышек.

Наладка преобразователя, собранного по такой схеме, заключается в подборе величины резистора R_1, определяющего ток транзистора T_1, и емкости конденсатора C_2, зависимой от собственной межвитковой емкости обмоток трансформатора *Тр*.

Трансформатор *Тр* выполняется на сердечнике сечением не меньше 0,6—0,7 *см*² (для пластин из пермаллоя и стали) и содержит обмотки из 20 витков провода ПЭВ 0,7 и 1 600 витков провода ПЭВ 0,1. Трансформатор может быть изготовлен и с сердечником из феррита 1 000 НМ сечением около 1 *см*². При меньших значениях площади сечения сердечника из феррита или пермаллоя возможно его насыщение, что увеличивает длительность заряда конденсатора C_4.

Процесс заряда при использовании в качестве источника питания трех элементов типа 1,6-ФМЦ-у-3,2 («Сатурн») длится 12—15 *сек.*

Электронная фотовспышка «ФИЛ-10 Нова»

Принцип создания обратной связи за счет тока во вторичной обмотке трансформатора использован и в преобразователе электронной фотовспышки «ФИЛ-10 Нова». Однако в отличие от схемы на рис. 16 для согласования высокоомной вторичной цепи с низкоомным входом транзисторов T_1, T_2 генератора (рис. 17) используется дополнительный трансформатор $Тр_2$.

Одна из обмоток этого трансформатора (*II*) включена в цепь двухполупериодного выпрямителя на диодах $Д_1$—$Д_4$, а концы об-

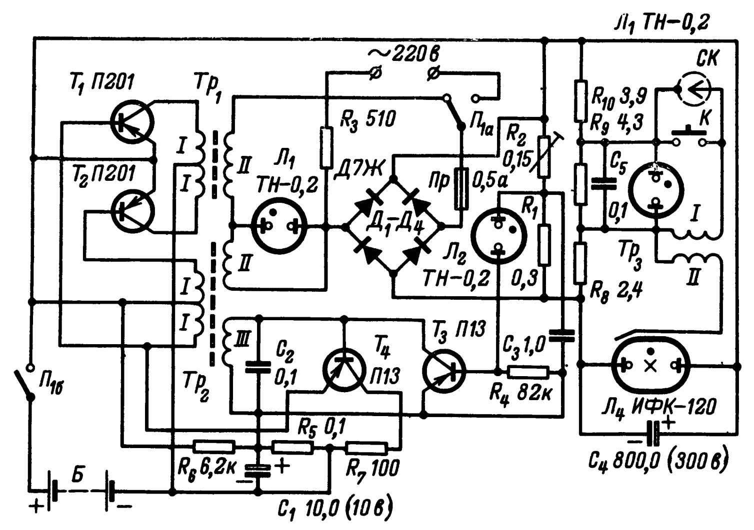


Рис. 17. Схема фотовспышки «ФИЛ-10 Нова».

мотки I со средней точкой подводятся к базам транзисторов T_1 и T_2. Благодаря этому образуется двухтактный генератор, напряжение обратной связи в котором определяется величиной импульсов тока в зарядной цепи накопительного конденсатора C_4. Это означает, что в начале работы преобразователя при незаряженном конденсаторе обратная связь велика и уменьшается по мере его заряда.

Индикатором работы преобразователя служит неоновая лампа $Л_1$, включенная параллельно обмотке II дополнительного трансформатора $Тр_2$. Часть зарядного тока конденсатора C_4 проходит через эту лампу. Срыв генерации при зарядке конденсатора C_4 до установленного уровня производится с помощью транзистора T_3, который, открываясь под действием тока через неоновую лампу $Л_2$, шунтирует обмотку III трансформатора $Тр_2$.

Базовые цепи транзисторов T_1 и T_2 отделены от вторичной цепи по постоянному току и не имеют смещения. Поэтому для возобновления генерации после прекращения тока в цепи неоновой лампы необходим специальный запускающий импульс. Такой импульс создается в цепи транзистора T_4, соединяющего на короткое время одну из концов базовой обмотки II трансформатора $Тр_1$ с минусовым полюсом батареи питания. Открывание этого транзистора происходит за счет импульса тока через конденсатор C_2 в момент погасания неоновой лампы $Л_2$ и запирания транзистора T_3.

Источником питания преобразователя служит комплект из четырех элементов типа 1,6-ФМЦ-у-3,2, обеспечивающий примерно 100 вспышек импульсной лампы с энергией 36 *дж* и ведущим числом 24. В зависимости от степени разряженности батареи в течение 1 *мин* можно произвести от 4 до 6 вспышек. При питании фотовспышки от электросети с напряжением 220 *в*, возможном благодаря подключению выпрямителя к сетевым зажимам переключателем $П_2$, промежутки между вспышками сокращаются до 3—5 *сек*.

Импульсная лампа $Л_4$ вместе с импульсным трансформатором $Тр_3$ и другими деталями схемы зажигания и индикации размещена отдельно от блока питания в небольшом по размерам осветителе 80×70×55 *мм*.

Данные импульсного трансформатора и трансформаторов преобразователя приведены в табл. 3.

Таблица 3

Данные трансформаторов фотовспышки „ФИЛ-10 Нова"

Обозначение трансформатора	Обозначение обмотки	Количество витков	Провод	Сердечник
$Тр_1$	I II	2×18 1 500	ПЭВ 0,64 ПЭВ 0,1	Ф-1-1000, 0,98 *см²*
$Тр_2$	I II III	2×24 800 170	ПЭВ 0,31 ПЭВ 0,1 ПЭВ 0,1	Ф-1-1000, 0,36 *см²*
$Тр_3$	I II	20 2 500	ПЭВ 0,31 ПЭВ 0,08	— —

Электронные фотовспышки «Мекаблитц»

Электронные фотовспышки «Мекаблитц», выпускаемые зарубежной фирмой «Метц», содержат транзисторные преобразователи напряжения, отличающиеся своеобразием схемных решений, что может заинтересовать радиолюбителей-конструкторов.

Источником питания фотовспышек «Мекаблитц-101» и «Мекаблитц-102» служат батареи для карманного фонаря, соответствую-

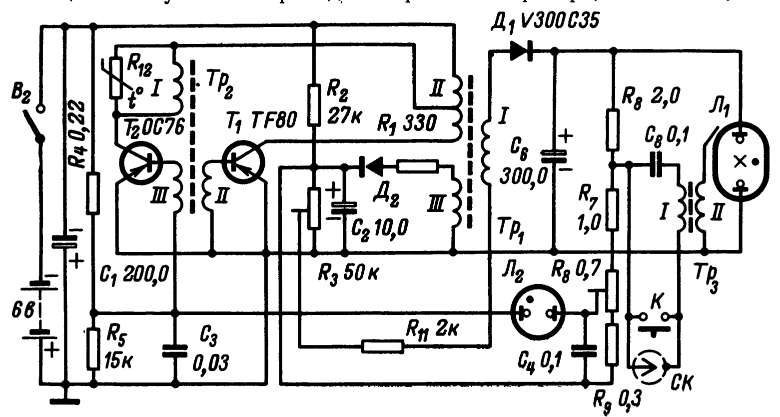


Рис. 18. Схема фотовспышки «Мекаблитц-101».

щие отечественным типа «Сатурн». В комплект входят 4 (или 6) элементов, которые обеспечивают примерно 400 вспышек импульсной лампы с энергией 37,5 (или 50) *дж*.

Напряжение питания, применяемое в импульсных лампах, составляет 500 *в*. При заряде накопительного конденсатора до этого напряжения преобразователь автоматически выключается и в дальнейшем работает лишь для периодического подзаряда конденсатора

Схема фотовспышки «Мекаблитц-101» приведена на рис. 18. Преобразователь напряжения состоит из двух каскадов Мощный транзистор T_1 типа TF80 (с максимальным током коллектора 3 *а*) служит для прерывания тока в первичной обмотке повышающего трансформатора Tp_1. Для управления используется менее мощный транзистор T_2 типа OC76, который является усилителем обратной связи, работающим в регенеративном режиме.

Вместе с вспомогательным трансформатором Tp_2 транзистор T_2 образует схему обычного блокинг-генератора, обратная связь в котором осуществляется обмотками *I* в цепи коллектора и *III* в цепи базы. Собственная частота колебаний блокинг-генератора составляет 15 *кгц*. Коллекторная обмотка *I* включена к источнику тока через витки дополнительной обмотки *II* трансформатора Tp_1. Благодаря этому напряжение питания блокинг-генератора оказывается зависимым от фазы переменного напряжения на коллекторе транзистора T_1.

Возбуждение блокинг-генератора в преобразовательных схемах с емкостной нагрузкой обычно вызывает трудности. Приходится

либо задавать значительное начальное смещение тока транзистора, либо вводить специальные кнопки запуска. В описываемой схеме эта трудность отпадает.

При включении питающего напряжения выключателем *Вк* на базу транзистора T_2 с делителей R_4, R_5 поступает отпирающий ток, благодаря чему начинается колебательный процесс блокинг-генератора. Нагрузка на транзистор T_2 постоянна и не зависит от степени заряженности накопительного конденсатора, поэтому возбуждение колебаний не связано с какими-либо затруднениями.

Напряжение, передающееся обмоткой *II* на базу транзистора T_1, вызывает в его коллекторной цепи ток, проходящий по обмотке *IV* трансформатора $Тр_1$. Нарастание тока приводит к появлению напряжения на обмотке *I* и соответственно тока через диод $Д_1$, накопительный конденсатор C_5 и цепочку R_5C_3. Напряжение на последней через обмотку *III* трансформатора $Тр_2$ попадает на базу транзистора T_2 и является напряжением обратной связи для преобразователя в целом. После прекращения роста коллекторного тока транзистора T_1 напряжения на обмотках трансформатора $Тр_1$ меняют знак, что приводит к прекращению тока через транзистор T_2 и срыву колебаний. Энергия магнитного поля трансформатора $Тр_1$ через некоторое время образует повторный импульс напряжения на обмотке *I*. Диод $Д_1$ открывается, ток во вторичной цепи пополняет заряд конденсатора C_5 и, попадая на базу транзистора T_2, запускает схему для нового периода колебаний. Во время работы преобразователя происходит (в течение 10—15 *сек*) заряд накопительного конденсатора C_5. Напряжение на нем повышается и с некоторым сдвигом по времени заряжает конденсатор C_4. Последний через резисторы R_3 и R_{11} подключен к электродам неоновой лампы $Л_2$.

Сопротивления резисторов делителя R_6—R_9 выбраны так, чтобы при заряде конденсатора C_5 до 500 *в* неоновая лампа $Л_2$ зажглась. Конденсатор C_4 разряжается, выделяя на цепочке обратной связи R_5, C_3 положительный импульс, компенсирующий напряжение обратной связи. Генерация прекращается. Не возобновляется она и после гашения неоновой лампы, так как вскоре после начала работы преобразователя ток обмотки *III* трансформатора $Тр_1$ зарядил конденсатор C_2, что привело к возникновению на резисторе R_5 положительного смещения, недостаточного, однако, для срыва генерации. Таким образом, повторный запуск преобразователя произойдет после разряда конденсатора C_2 и постоянная времени R_3, C_2 определяет момент возобновления генерации. Конденсатор C_4, разрядившись через неоновую лампу, после гашения ее вновь заряжается. Лампа вспыхивает, вновь прекращая генерацию.

Такой довольно сложный характер работы преобразователя оправдывается положительными качествами его. К ним относятся: высокий к. п. д., надежность запуска схемы, стабильность напряжения на накопительном конденсаторе фотовспышки. Перепады напряжения на нем в отличие от многих подобных схем не зависят от разницы в напряжениях зажигания и гашения неоновой лампы и могут выбираться изменением величины резистора R_8 В остальном работа схемы фотовспышки не отличается от рассмотренных ранее. Неоновая лампа $Л_2$ используется одновременно как индикатор. Периодическое зажигание ее свидетельствует о нормальной работе схемы. Поджиг импульсной лампы $Л_1$ производится с помощью трансформатора $Тр_3$.

Ряд последующих моделей фотовспышек «Мекаблитц» содержит

преобразователи с обратной связью по току, в их число входит фотовспышка «Мекаблитц-162» (рис. 19). Особенностью этой схемы является двухтактное преобразование напряжения источника питания *Б* без применения фазоинверсного трансформатора в базовых цепях транзисторов $Т_1$, $Т_2$. Управление работой последних осуществляется током вторичной обмотки повышающего трансформатора $Тр_2$, заряжающим в один полупериод конденсатор $С_1$ выпрямителя с удвоением напряжения на диодах $Д_1$, $Д_2$, а во второй полупериод — накопительный конденсатор фотовспышки $С_2$.

Базы транзисторов $Т_1$, $Т_2$ и шунтирующие их диоды $Д_3$, $Д_4$ включены так, что в полупериод, соответствующий заряду конденсатора $С_1$, поддерживается коллекторный ток транзистора $Т_1$. В другой полупериод напряжение на вторичной обмотке трансформатора суммируется с напряжением заряда этого конденсатора и вызывает ток, заряжающий конденсатор $С_2$ и открывающий транзистор $Т_2$. Начальный ток транзистора $Т_1$ определяется сопротивлением резистора R_1.

Специальных мер для выключения преобразователя и стабилизации таким путем напряжения заряда накопительного конденсатора в данной схеме не принято. По мере роста напряжения амплитуда импульсов тока во вторичной цепи падает, что и приводит в конце заряда практически к прекращению генерации. При малых токах утечки в элементах этой цепи конечное напряжение на конденсаторе $С_2$ оказывается близким к удвоенному напряжению на вторичной обмотке, определяемому коэффициентом трансформации и напряжением слабо нагруженного источника питания. Использование в качестве последнего батареи аккумуляторов, подзаряжаемых по мере надобности от сети через трансформатор $Тр_1$ и диод $Д_5$, обеспечивает достаточное постоянство первичного напряжения и, таким образом, стабилизацию энергии вспышки.

Связанное с удвоением напряжения увеличение тока во вторичной цепи полезно для согласования ее с низкоомным входом транзисторов. Однако согласование оказывается недостаточно полным и использование такой схемы преобразователя целесообразно при срав-

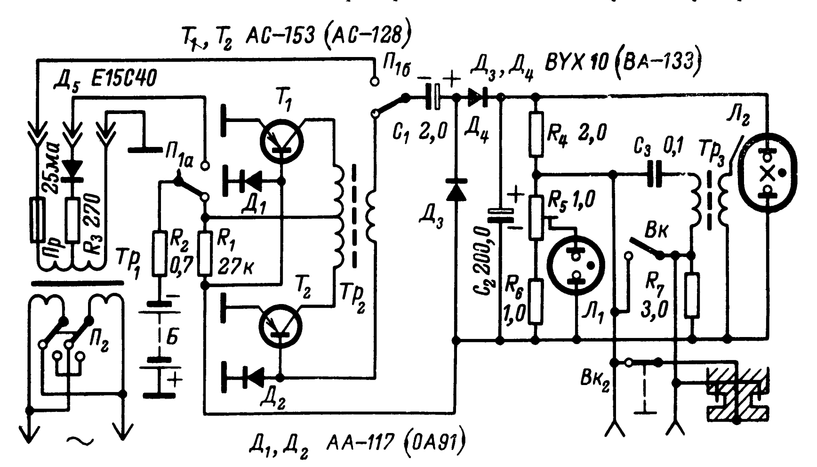


Рис. 19. Схема фотовспышки «Мекаблитц-162».

нительно небольшой емкости накопительного конденсатора (200—300 *мкф*). В свою очередь последнее ведет к снижению потребляемой мощности и позволяет существенно уменьшить габариты и массу фотовспышки.

Все элементы схемы, за исключением трансформатора $Тр_1$ и деталей, используемых только при питании от сети, монтируются в общем корпусе, устанавливаемом при съемке на фотокамере. Отсутствие при этом соединительных проводов создает определенные удобства пользования, которые для фотовспышки «Мекаблитц-162» дополняются возможностью соединения с синхроконтактами без обычно длинного кабеля, с помощью разъема, вмонтированного в корпус фотовспышки и гнездо ее крепления.

В схеме преобразователя могут быть использованы транзисторы типа П402, П403, выпрямительные диоды Д226 и в базовых цепях транзисторов — диоды типа Д2 и Д9. Трансформатор $Тр_2$ может быть выполнен по данным схемы на рис. 13 с примерно вдвое уменьшенным числом витков вторичной обмотки. Более точно коэффициент трансформации определяется с учетом рабочего напряжения накопительного конденсатора и напряжения источника питания, в качестве которого целесообразно использовать батарею из 4—6 малогабаритных аккумуляторов типа Д-0,2.

Индукторное питание фотовспышек

В рассмотренных схемах питания электронных фотовспышек в качестве первичных источников использованы гальванические батареи Однако иногда возможность регулярной замены батарей бывает затруднена или исключена совсем. В подобных случаях для питания фотовспышек могут быть использованы ручные генераторы напряжения — индукторы. Естественно, необходимость вращения перед каждой вспышкой рукоятки индуктора создает определенные неудобства, ввиду которых этот способ питания и не получил широкого распространения. В то же время существенным достоинством индукторов является постоянная готовность к действию и при достаточно малых габаритах и массе почти неограниченный срок службы.

Для питания фотовспышек может быть использовано большинство индукторов, применяемых в телефонных аппаратах для посылки вызова. Удобен, в частности, индуктор от аппарата ТАИ-43. Переменная э. д. с., вырабатываемая таким генератором, очень высока (в отдельных случаях достигает 1 000 *в*). Однако даже при незначительной нагрузке напряжение понижается, и для заряда накопительных конденсаторов фотовспышек с заметными токами утечки приходится прибегать к схемам умножения напряжения.

На рис. 20 приведена схема индукторного питания с удвоением напряжения. Эту схему целесообразно применять при малой утечке в накопительном конденсаторе. Заряд конденсатора C_2 емкостью 800 *мкф* до напряжения 280—300 *в* длится 10—15 *сек* при вращении рукоятки индуктора со скоростью 90—120 *об/мин.*

В момент первого поворота рукоятки автоматически срабатывает выключатель *Вк*, имеющийся в индукторе Напряжение поступает к выпрямителю, собранному на полупроводниковых диодах $Д_1$ и $Д_2$. В полупериод напряжения, соответствующий знаку «плюс» на левом (по схеме) контакте индуктора, через диод $Д_3$ заряжается

конденсатор C_1, напряжение на котором в другой полупериод складывается с напряжением на обмотке индуктора и через диоды $Д_1$ и $Д_2$ заряжает конденсатор C_2. Напряжение конденсатора постепенно повышается, и после зажигания индикаторной лампы в фотовспышке вращение рукоятки индуктора можно прекратить. Выключатель *Вк* разрывает цепь, благодаря чему разряда конденсатора C_2 через обратное сопротивление диодов $Д_1$ и $Д_2$ не происходит. Кроме того, наличие этого выключателя позволяет без каких-либо дополнительных коммутаций использовать выпрямитель при включении в электросеть 220 *в*.

На рис. 21 показана схема индукторного питания с утроением напряжения. Она по сравнению с предыдущей схемой позволяет

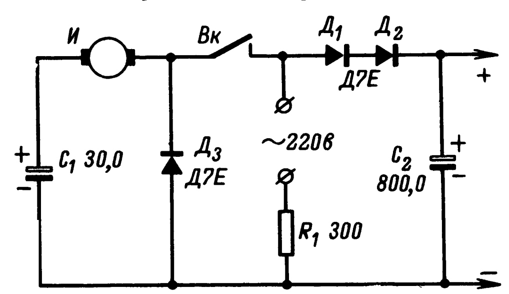


Рис. 20. Схема индукторного питания с удвоением напряжения.

заряжать конденсаторы фотовспышки быстрее и при бо́льших утечках в них.

В положительный полупериод напряжения (относительно верхнего по схеме вывода индуктора) через диоды $Д_1$ и $Д_3$ заряжаются конденсаторы C_1 и C_3. При смене знака напряжения последнее складывается с напряжением на конденсаторе C_1 и заряжает конденсатор C_2 до удвоенного напряжения. К конденсатору фотовспышки C_4 оказывается приложенной сумма напряжений на конденсаторах C_2 и C_3, т. е. утроенное напряжение индуктора.

Автоматический выключатель *Вк*, так же как и в схеме на рис. 20, предотвращает разряд накопительного конденсатора C_4. Благодаря этому напряжение на последнем, несколько снизившись

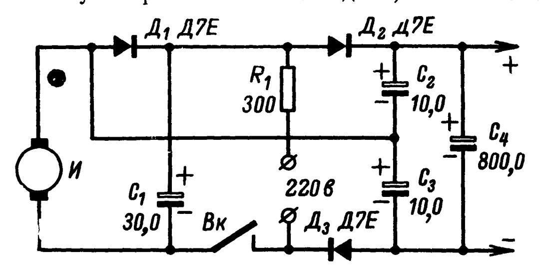


Рис. 21. Схема индукторного питания с утроением напряжения.

после окончания заряда, сохраняется довольно долго. При наличии электросети 220 *в* она может быть использована для заряда накопительного конденсатора. Вращение рукоятки индуктора (так же как и для схемы рис. 20) в этих случаях не допускается. Во избежание случайного поворота рукоятку индуктора поэтому желательно отвинчивать.

В случаях использования электросети при съемках с фотовспышкой должны быть приняты меры, устраняющие опасность поражения электрическим током.

Монтаж деталей выпрямителей производится на корпусе индуктора. С целью уменьшения габаритов всего устройства желательно применять электролитические конденсаторы типа ЭГЦ. Использование таких конденсаторов для схемы с утроением напряжения, особенно целесообразно, поскольку ток утечки их весьма мал. Индуктор вместе с деталями схемы может быть помещен в отдельный кожух или смонтирован в общем футляре фотовспышки.

Глава вторая

СИНХРОНИЗАЦИЯ ВСПЫШЕК ИМПУЛЬСНЫХ ЛАМП

Синхронизация с работой затвора фотоаппарата

Использование импульсной лампы для освещения объекта фотосъемки возможно лишь при условии точной синхронизации ее вспышки с моментом раскрытия затвора фотоаппарата. С этой целью большинство современных фотоаппаратов снабжается специальными синхроконтактами,, включающими импульсную лампу в необходимый момент.

Включение лампы возможно и с помощью иных синхронизирующих устройств, важно лишь, чтобы вспышка происходила в то время, когда затвор фотоаппарата раскрыт. Очевидно, что нарушение этого условия приведет к тому, что свет лампы не будет использован.

Возможности применения импульсных фотоосветителей и требования к синхронизирующим устройствам целиком определяются характером работы фотографических затворов. В этой связи полезно рассмотреть принцип действия и особенности двух наиболее распространенных затворов: шторного и центрального. Первый из них применяется в таких общеизвестных фотоаппаратах, как ФЭД, «Зоркий» и др. Затвор монтируется внутри фотокамеры и состоит из двух светонепроницаемых шторок и механизма, приводящего их в движение. Шторки располагаются вблизи кадрового окна, закрытого в нерабочем состоянии затвора одной из них.

Во время экспонирования шторка, заслонявшая фотокадр, приводится в движение, и двигаясь параллельно его плоскости, открывает светочувствительный слой. Спустя некоторое время начинает двигаться вторая шторка, закрывающая при своем движении кадровое окно. Двигаясь с равными скоростями, шторки образуют щель, которая пробегает вдоль всего кадра. Ширина этой щели и определяет выдержку как время, в течение которого каждая точка фотографической эмульсии оказывается открытой для доступа света. При

смене положения регулятора выдержек ширина щели меняется, в то время как скорость движения шторок в большинстве случаев остается неизменной. Таким образом, экспонирование фотокадра производится путем последовательной его засветки, причем в отрезок времени, чаще всего постоянный и всегда больший, чем сама выдержка. Одновременный же доступ света ко всем точкам фотокадра возможен лишь при ширине щели, большей соответствующего размера кадра.

Для большинства фотоаппаратов такое положение имеет место только при выдержках 1/20—1/25 *сек* в течение времени, когда первая шторка открыла целиком весь кадр, а вторая еще не начинала своего движения. Ширина щели при таких выдержках оказывается несколько большей длины фотокадра, благодаря чему последний некоторое время остается полностью открытым. Это время, называемое временем полного раскрытия затвора, в сравнении с выдержкой очень мало (около 1/150—1/200 *сек*). В отдельных фотоаппаратах кадр открывается полностью на выдержках 1/50 *сек*, а дальнейшее увеличение их достигается задержкой движения закрывающей шторки. В этих случаях время полного раскрытия затвора больше указанного и оно растет с увеличением выдержки.

Описанный характер действия шторных затворов неудобен для совместной работы с импульсными лампами. Двигатель вспышки значительно меньше времени действия затвора (не выдержки!), и поэтому вспышка должна происходить и заканчиваться во время полного его раскрытия, что возможно для большинства фотоаппаратов на выдержках 1/20—1/25 *сек*. Применение более коротких выдержек исключается, так как при этом окажется экспонированной лишь более или менее узкая полоска кадра. Увеличение выдержек больше 1/25 *сек* не ограничено, напротив, в этих случаях синхронизация вспышки облегчается.

Важными преимуществами в отношении использования коротких выдержек обладает затвор центрального типа. Затвор состоит из нескольких (чаще всего трех) светонепроницаемых лепестков, смонтированных в объективе фотоаппарата. Лепестки расположены между линзами объектива симметрично относительно действующего отверстия и заслоняют собой его в нерабочем состоянии затвора. Во время экспонирования лепестки раздвигаются, пропуская свет в фотокамеру. В отличие от шторных затворов доступ света в этом случае открывается одновременно ко всем точкам экспонируемого фотослоя. Однако лепестки не могут раздвинуться мгновенно, и проходит некоторое время, прежде чем действующее отверстие объектива, расширяясь, достигает полного раскрытия. Определенное время затрачивается и на обратное движение лепестков.

Временем полного раскрытия для затворов центрального типа считается период, в течение которого действующее отверстие объектива максимально и ограничивается только величиной диафрагмы. Это время во всех случаях меньше указываемого регулятором выдержек и всего времени действия затвора. Тем не менее при любых, даже самых коротких, выдержках объектив на некоторое время открывается полностью, а экспонирование производится одновременно по всей площади фотокадра. Благодаря этому, применяя фотоаппараты с центральными затворами («Смена», «Юность», «Москва» и др.), можно фотографировать с импульсными лампами при любых выдержках, вплоть до самых коротких. Важно лишь обеспечить точное совпадение вспышки с моментом полного раскры-

тия затвора. При нарушении этого свет лампы будет использоваться лишь частично и снимок окажется недодержанным.

Высокая точность работы синхронизирующих контактов, встроенных в фотоаппараты, достигается тем, что замыкание их производится одной из движущихся деталей затвора. Срабатывание синхроконтактов происходит в момент, когда открывающая шторка или лепестки центрального затвора закончат свое движение. Характер действия синхроконтактов в различных фотоаппаратах может быть различен. Одни из них замыкаются, например, лишь на короткое время (около 0,02—0,05 *сек*), длительность замыкания других определяется временем нажатия на спусковую кнопку затвора. Имеются синхроконтакты, остающиеся замкнутыми при спущенной пружине затвора и размыкающиеся лишь при повторном его взводе.

Синхроконтакты, предназначенные для включения импульсных ламп, получили название нулевых, поскольку они рассчитаны на зажигание лампы без задержки. Однако применение при фотосъемках находят и лампы-вспышки одноразового действия. Такая лампа представляет собой колбу, наполненную кислородом, в которой вместе с нитью накаливания помещена тонкая алюминиевая фольга. При нагревании нити электрическим током фольга поджигается и сгорает с выделением сильного света.

Световой поток, излучаемый лампой-вспышкой одноразового действия, нарастает сравнительно медленно и достигает максимума лишь спустя 20—30 *мсек* после ее включения. Ввиду этого синхроконтакты для включения одноразовых вспышек должны замыкаться несколько раньше раскрытия затвора. Время упреждения в их срабатывании равно времени разгорания фольги и составляет 20—30 *мсек*.

У отдельных фотоаппаратов имеется регулятор, позволяющий изменять время упреждения в срабатывании контактов до 25 *мсек*, что позволяет применять как одноразовые вспышки, так и импульсные лампы.

Схемы задержки вспышки

Существуют фотоаппараты, снабженные синхроконтактами для съемок только с одноразовыми лампами-вспышками. Это исключает съемку с импульсными лампами, так как вспышки при таком их включении не будут совпадать с моментами полного раскрытия затвора. Описываемые далее схемы задержки вспышки после срабатывания синхроконтактов позволяют с достаточной точностью синхронизировать ее с работой затвора и могут быть использованы при конструировании и переделке электронных фотовспышек.

Схема фотовспышки, изображенная на рис. 22, отличается от обычной тем, что накопительный конденсатор C_2 в цепи поджига импульсной лампы $Л_3$ отделен от «минусового» провода и начинает заряжаться лишь с момента замыкания синхроконтактов *СК* фотоаппарата. Постоянная времени этой цепи выбрана так, чтобы заряд конденсатора C_2 до напряжения зажигания неоновой лампы $Л_2$ происходил в течение 20—30 *мсек*, составляющих время упреждения в работе синхроконтактов. Таким образом, вспышка будет происходить позже срабатывания синхроконтактов и при правильном выборе постоянной времени будет совпадать с моментом полного раскрытия затвора.

Время запаздывания вспышки определяется по формуле

$$t = 2{,}3 R_3 C_2 \lg \frac{U_0}{U_0 - U_1},$$

где t — время, *сек*; R_3 — сопротивление, *Мом*; C_2 — емкость, *мкф*; U_0 — напряжение источника питания, *в*; U_1 — напряжение зажигания лампы $Л_2$, *в*.

Влияние на время задержки резистора R_4, предназначенного для полного разряда конденсатора C_2 после срабатывания схемы, невелико и в приведенной формуле не учитывается.

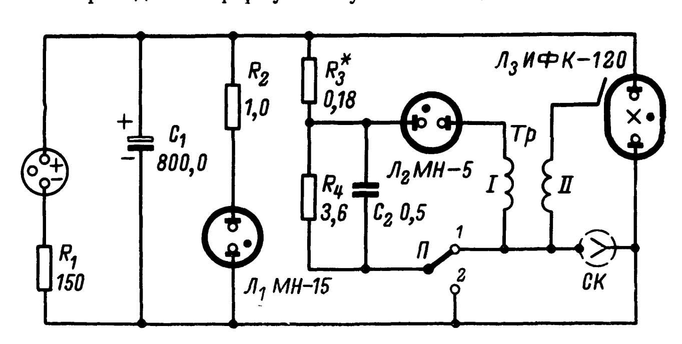


Рис. 22. Схема фотовспышки с задержкой срабатывания.

В тех случаях, когда синхроконтакты фотоаппарата после съемки остаются замкнутыми, во избежание повторного действия схемы необходимо тотчас же взвести затвор.

В положении *2* переключателя *П* фотовспышка может быть использована с фотоаппаратами, имеющими синхроконтакты без упреждения. Для получения несинхронной вспышки, т. е. независимой от срабатывания синхроконтактов, переключатель *П* переводится из положения *2* в положение *1*. Вспышка происходит в момент замыкания контактов переключателя, так как конденсатор C_2 перед этим был заряжен до напряжения, превышающего потенциал зажигания лампы $Л_2$.

Заряд конденсатора C_2 при работе схемы производится от общего питающего напряжения, что делает время задержки зависимым от изменения последнего. Снижение этого напряжения с 300 до 250 *в* увеличивает время задержки примерно в 1,2 раза. Для того чтобы гарантировать совпадение вспышки с моментом полного открытия затвора (учитывая и возможное изменение потенциала зажигания неоновой лампы $Л_2$), длительность его должна составлять примерно 0,01—0,015 *сек*. При понижении напряжения источника до 240—250 *в* это время должно быть увеличено до 0,02—0,03 *сек*. В фотоаппаратах с центральными и усложненными шторными затворами эти требования вполне удовлетворяются на выдержках 1/20—1/10 *сек*.

Для фотоаппаратов, синхроконтакты которых остаются включенными после съемки, лучше **применить схему задержки, приве-**

денную на рис. 23. В этой схеме возможность повторной вспышки при замкнутых синхроконтактах исключается, благодаря чему отпадает надобность в немедленном взводе затвора.

Для пропускания импульса тока через первичную обмотку *I* трансформатора *Тр* используется безнакальный тиратрон $Л_3$. Нарастание напряжения на электродах тиратрона происходит за счет увеличения разности напряжений на конденсаторах C_2 и C_3 при разряде их с различными постоянными времени. В перерывах между съемками конденсаторы C_2 и C_3 заряжаются через резисторы R_2 и

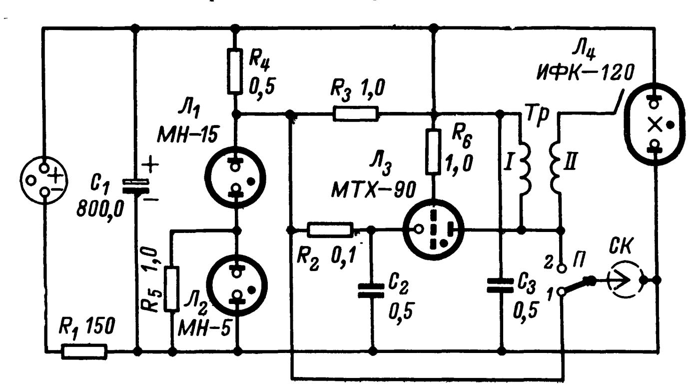


Рис. 23. Схема фотовспышки с задержкой срабатывания на тиратроне.

R_3 до напряжения зажигания последовательно включенных неоновых ламп $Л_1$ и $Л_2$. Это напряжение составляет 230—250 *в* и превышает потенциал зажигания тиратрона. Однако разность потенциалов на электродах тиратрона равна нулю и зажигание его не происходит.

В момент срабатывания синхроконтактов общая точка резисторов R_2 и R_3 соединяется с минусовым проводом и начинается разряд конденсаторов C_2 и C_3. Скорости разряда конденсаторов различны, так как различны величины резисторов R_2 и R_3. Напряжение на конденсаторе C_2 будет падать быстрее, и разность напряжений между электродами тиратрона $Л_3$ будет увеличиваться. Очевидно, что зажигание тиратрона произойдет в момент, когда разность напряжений на конденсаторах C_2 и C_3 достигнет потенциала его зажигания. Задавшись величинами C_2, C_3 и R_3 и изменяя величину резистора R_2, можно изменять скорость разряда конденсатора C_2 и тем самым время задержки зажигания тиратрона $Л_3$. Постоянную времени R_3C_3 желательно выбирать наибольшей, но так, чтобы конденсатор C_3 успевал полностью зарядиться в перерывах между съемками, т. е. в течение 5—7 *сек*.

Время задержки в схеме на рис. 23 благодаря некоторой стабилизации зарядного напряжения почти не зависит от изменения общего питающего напряжения. Роль стабилизатора выполняют соединенные последовательно неоновые лампы $Л_1$ и $Л_2$. Неоновая лампа $Л_1$ служит одновременно индикатором готовности фотовспышки к действию и размещается против отверстия в корпусе последней.

При съемках фотоаппаратами с нулевыми синхроконтактами, т. е. для работы схемы без запаздывания, переключатель *II* переводится в положение *2*. Замыкание синхроконтактов *СК* в этом случае создает цепь для разряда конденсатора C_3 через первичную обмотку *I* трансформатора *Тр*, минуя тиратрон $Л_3$.

Наладка схем задержки заключается в подборе величин резисторов R_3 для схемы на рис. 22 и R_2 для схемы на рис. 23.

Включение дополнительных импульсных ламп

Преимущества использования импульсных ламп при моментальной съемке в значительной степени снижаются за счет своеобразного характера освещения, создаваемого ими. Освещение объекта съемки только одной фотовспышкой (особенно расположенной на фотоаппарате) приводит к потере выразительности снимка. Последний становится плоским, появляются случайные резкие тени.

Избежать этого можно, применяя несколько раздельно расположенных фотовспышек. Разумеется, срабатывание их должно происходить одновременно и синхронно с открытием затвора фотоаппарата. Это легко получить, присоединив параллельно провода, идущие от фотовспышек к синхроконтактам.

Однако применение даже двух самостоятельных фотовспышек не всегда желательно, тем более что световая энергия и одной из них зачастую излишне велика. В этих случаях удобно использовать дополнительную импульсную лампу, подключая ее к основной фотовспышке и располагая на некотором расстоянии от нее. При этом оказывается необходимым лишь один источник питающего напряжения. Следует, однако, учесть, что питание самих импульсных ламп должно производиться от отдельных накопительных конденсаторов. Включение ламп параллельно к одному конденсатору не только лишает возможности регулировать распределение энергии между лампами, но и делает работу их ненадежной. При разнице в параметрах одна из ламп может не зажигаться совсем.

В электронных фотовспышках, содержащих лишь один накопительный электролитический конденсатор типа ЭФ, включение дополнительной импульсной лампы может осуществляться по схеме, показанной на рис. 24. Это оказывается возможным благодаря тому, что указанный конденсатор емкостью 800 *мкф* состоит из двух конденсаторов C_1, C_2 емкостью примерно по 400 *мкф* каждый с самостоятельными «плюсовыми» выводами (в обычных случаях они соединены между собой). Дополнительная импульсная лампа $Л_3$ включается с помощью штепсельного разъема *Ш*, изготовленного из октальной ламповой панельки, и соответствующего ей цоколя лампы. Применение разъема такой конструкции одновременно дает возможность и регулировать ведущее число фотовспышки при использовании только одной основной лампы.

В положении *1* разъема *Ш* включены обе лампы, а в положении *2* работает одна основная. При этом конденсаторы C_1 и C_2 соединены перемычкой между штырьками *1* и *7* и ведущее число фотовспышки имеет номинальное значение. При вставлении подвижной части разъема в положение *3* (или удалении ее) основная импульсная лампа $Л_1$ оказывается подключенной лишь к одному конденсатору. Энергия вспышки при этом равна половине номинальной, и ведущее число уменьшается в 1,4 раза.

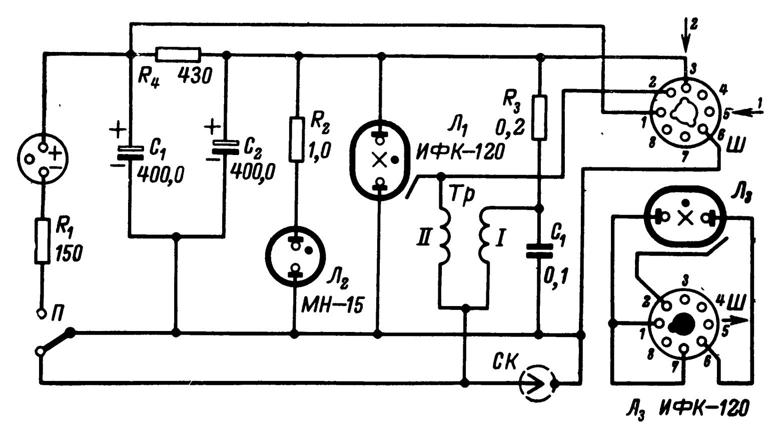


Рис. 24. Схема фотовспышки с двумя импульсными лампами.

При использовании двух ламп ведущее число несколько меньше, чем для одной при той же энергии вспышки, и зависит от качества рефлекторов дополнительной лампы и направления светового потока от нее.

Соединение импульсной лампы $Л_3$ с основным устройством производится трехпроводным кабелем. При выборе его следует учитывать, что значительная длина и малое сечение жил кабеля могут уменьшить световую энергию вспышки. Имеет значение и емкость, образуемая жилой, передающей высоковольтный импульс, с двумя остальными. При большой емкости высоковольтный импульс может быть ослаблен и недостаточен для зажигания ламп. В этом случае

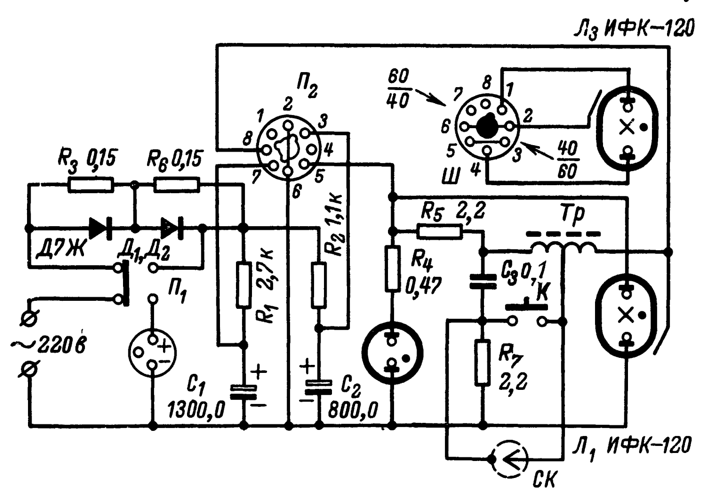


Рис. 25. Схема фотовспышки «Луч-61» с двумя импульсными лампами.

емкость конденсатора C_3, питающего общий для ламп импульсный трансформатор $Тр$, следует увеличить.

В электронных фотовспышках, содержащих подобно фотовспышкам типа «Луч» два накопительных конденсатора и переключатель емкости, необходимые переделки чрезвычайно упрощаются. Для включения дополнительной лампы используется панелька имеющегося переключателя. Это дает возможность регулировать энергию вспышки при съемках как с одной, так и с двумя лампами. Соответствующим образом измененная схема фотовспышки «Луч-61» приведена на рис. 25.

Выбор диафрагмы при съемках с двумя импульсными лампами производится в зависимости от взаимного их расположения. При использовании дополнительной лампы для освещения фона или создания контрового освещения она может в расчет не приниматься совсем. Напротив, при близком расположении ламп без большой ошибки можно ориентироваться по ведущему числу для суммарной энергии вспышек двух ламп.

Электронная фотовспышка «Луч-63»

Одна из моделей фотовспышек «Луч» — «Луч-63» рассчитана на применение двух осветителей с импульсными лампами. Дополнительный осветитель входит в комплект фотовспышки и при необходимости может быть соединен с ней. Для его включения используется панелька имеющегося, как и у всех моделей фотовспышек «Луч», переключателя энергии вспышки $П_2$ (рис. 26).

Конструкция фишки, которой снабжается шнур дополнительного осветителя, допускает возможность включения ее лишь в одном определенном положении (ключ фишки имеет три направляющих выступа). В этом положении накопительные конденсаторы C_3 и C_4 в блоке питания и обе импульсные лампы $Л_1$ и $Л_2$ оказываются соединенными параллельно. Тем не менее во время вспышки из-за

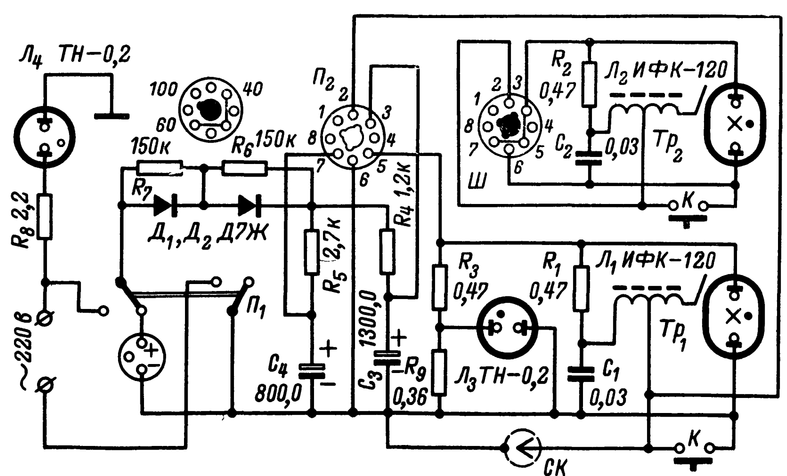


Рис. 26. Схема фотовспышки «Луч-63».

наличия в цепи лампы $Л_2$ сравнительно длинных соединительных проводов энергия заряда конденсаторов распределяется между лампами не поровну, а в соотношении примерно 3 : 2.

Для повышения надежности зажигание ламп осуществляется с помощью отдельных импульсных трансформаторов, расположенных в непосредственной близости от ламп — в рукоятках осветителей. Благодаря этому длину соединительного шнура к дополнительному осветителю оказалось возможным выбрать довольно большой — 5 *м*. Однако наличие в этом шнуре только трех проводов (жил) не позволяет при такой схеме зажигания ламп отделить синхроконтакты от общего «минусового» провода. Поэтому при питании фотовспышки от осветительной сети и использовании для этой цели выпрямителя, входящего в ее схему (диоды $Д_1$ и $Д_2$), необходимо выбрать определенное положение штепсельной вилки в розетке. Для этого в схему фотовспышки введена неоновая лампа $Л_4$, свечение которой наблюдается в том случае, если общий провод схемы оказывается соединенным с заземленным проводом электросети. Следует заметить, что редкое, но возможное отсутствие свечения лампы в каждом из положений вилки также означает возможность работы и указывает на хорошую изоляцию полов помещения.

Как отмечалось ранее, параллельное соединение импульсных ламп не обеспечивает определенности в распределении между ними энергии заряда накопительных конденсаторов. Избежать этого можно, удалив перемычку между штырьками *3* и *5* фишки дополнительного осветителя. При этом лампы $Л_1$ и $Л_2$ оказываются подключенными к конденсаторам C_4 и C_3 раздельно. Указанное соотношение энергии вспышек остается примерно тем же и сохраняется при некотором изменении параметров ламп.

Импульсный светосинхронизатор для фотовспышек

Применение в дополнительных фотоосветителях отдельных импульсных ламп возможно при длине соединительного кабеля не более 3—5 *м*. При необходимости большего удаления осветителя в качестве его приходится использовать самостоятельную фотовспышку. Однако синхронизация работы двух, а тем более нескольких раздельно расположенных фотовспышек обычными способами затруднена. Очень удобно в этих случаях использовать специальные устройства, реагирующие на свет одной фотовспышки, принятой за основную и связанной с синхроконтактами фотоаппарата. Применение таких устройств, которые могут быть названы светосинхронизаторами, позволяет расположить несколько фотовспышек на значительном расстоянии друг от друга, совершенно не стесняя при этом действий фотографа.

Описываемый импульсный светосинхронизатор выполнен в виде приставки и может быть включен в фотовспышки типа «Луч» и ЭВ-1 («Молния»). Принципиальная схема его в соединении с фотовспышкой ЭВ-1 изображена на рис. 27. Соединение осуществляется кабелем, в обычном случае идущим к гнезду синхроконтактов, работу которых светосинхронизатор по существу заменяет.

Он обеспечивает синхронизацию вспышек на расстоянии до нескольких десятков метров, сохраняя свою работоспособность в до-

вольно широком интервале освещенностей объекта съемки другими источниками света. Принцип работы схемы основан на том, что при освещении фоторезистора R_7 уменьшается его сопротивление, что приводит к зажиганию безнакального тиратрона $Л_3$. Зажигание тиратрона создает цепь для разряда конденсатора C_2 через первичную обмотку *I* импульсного трансформатора *Тр*, что эквивалентно замыканию на короткое время обычных синхроконтактов.

Зажигание тиратрона $Л_3$ возможно лишь в том случае, когда напряжение на аноде превышает потенциал его зажигания, или при подаче на сетку тиратрона управляющего импульса. Благодаря де-

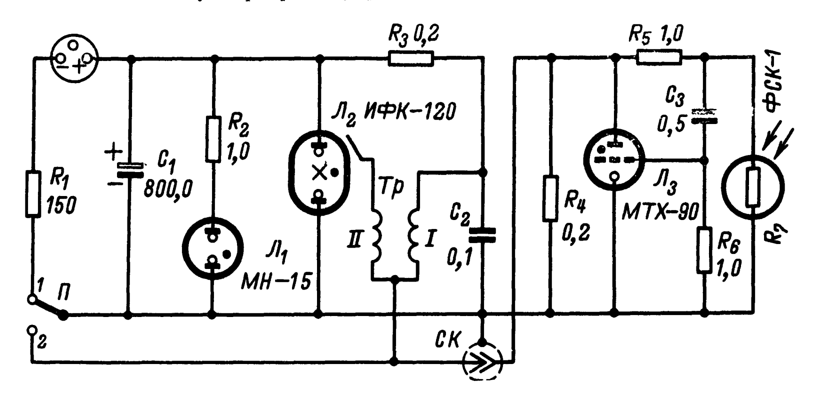


Рис. 27. Схема импульсного светосинхронизатора в соединении с фотовспышкой ЭВ-1.

лителю напряжения, образованному резисторами R_4, R_5, напряжение на аноде тиратрона недостаточно для зажигания, а напряжение на участке катод — сетка после заряда конденсатора C_3 независимо от освещенности фоторезистора R_7 равно нулю.

В момент резкого увеличения освещенности за счет света основной фотовспышки фоторезистор уменьшает свое сопротивление. Потенциал общей точки резисторов R_5 и R_7 падает, и напряжение на конденсаторе C_3 оказывается почти целиком приложенным к участку катод — сетка тиратрона. В результате этого между указанными электродами происходит разряд, ведущий к зажиганию тиратрона и вспышке импульсной лампы $Л_2$. Зажигание тиратрона может произойти лишь при резком (необязательно значительном) приращении освещенности, практически независимо от ее первоначального значения. В частности, в условиях обычного комнатного освещения срабатывание схемы происходит от света зажигающейся вблизи спички.

Описанный принцип действия светосинхронизатора устраняет необходимость предварительной его регулировки перед съемкой в зависимости от освещенности объекта другими источниками света. Это делает светосинхронизатор очень удобным в работе.

Следует отметить, что способ зажигания тиратрона в данной схеме несколько необычен. Принято зажигание его производить положительным импульсом, подаваемым на сетку. В связи с этим

казалось бы правильнее резисторы R_5 и R_7 взаимно поменять местами. Однако в этом случае схема становится реагирующей не на увеличение, а на уменьшение или пропадание света. Такая схема также может найти применение в ряде случаев автоматизации работы фотовспышки.

Монтаж светосинхронизатора производится в пластмассовой коробке (рис. 28) с отверстием для светочувствительного слоя фоторезистора. Последний для защиты от прямого света сильных источников помещается на углубление 5—6 *мм*. Для подключения к фотовспышке светосинхронизатор снабжается штекерным гнездом, аналогичным гнезду синхроконтактов на фотоаппарате.

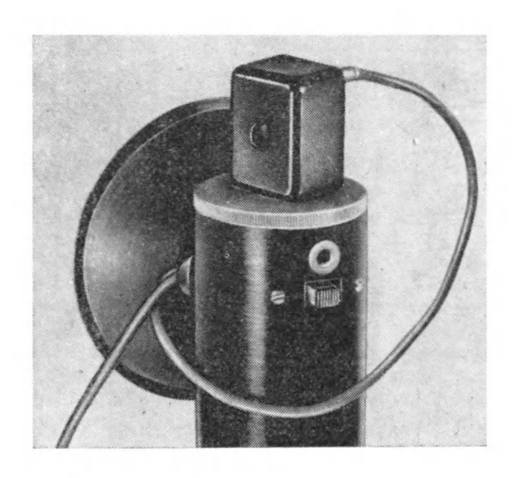


Рис. 28. Внешний вид светосинхронизатора, установленного на фотовспышке.

Наладка схемы заключается в подборе резистора R_4, величина которого зависит от потенциала зажигания тиратрона и величины резистора R_3 в схеме фотовспышки. Если зажигание тиратрона происходит при затемненном фоторезисторе, то величину резистора R_4 надо уменьшить. Отсутствие поджига при открывании (или освещении) фоторезистора требует увеличения величины резистора R_4.

Схему светосинхронизатора удобно вмонтировать в корпус фотовспышки. В этом случае резистор R_5 следует включить не к аноду тиратрона, а к общему «плюсовому» проводу, оставив остальную часть схемы без изменений. Чувствительность светосинхронизатора при таком включении возрастает.

При пользовании светосинхронизатором его направляют на объект съемки, а при возможности — на основную фотовспышку, не допуская при этом попадания прямого света от сильных постоянно включенных источников на светочувствительный слой фоторезистора.

Светосинхронизатор с вакуумным фотоэлементом

На рис. 29 изображена схема светосинхронизатора, который, как и ранее описанный, может быть выполнен в виде приставки к готовым фотовспышкам. Особенностью данной схемы является применение малочувствительного вакуумного фотоэлемента, возможное благодаря использованию принципа импульсного усиления.

Этот принцип заключается в следующем. Как известно, для зажигания безнакального тиратрона МТХ-90 на его сетку необходимо подать напряжение 60—80 *в*. Это напряжение может быть получено сложением управляющего импульса с напряжением так называемой подставки. Однако обычными способами сделать это трудно, так как изменение питающего напряжения и уход параметров тиратрона неминуемо отразятся на чувствительности.

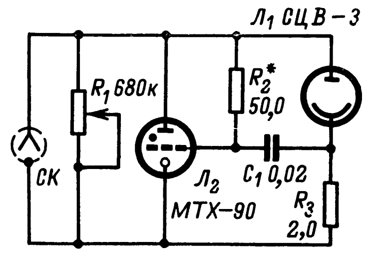


Рис. 29. Схема светосинхронизатора с вакуумным фотоэлементом.

В схеме рис. 29 управляющий импульс на резисторе R_3 суммируется с напряжением на конденсаторе C_1. Благодаря этому импульс может составлять всего лишь 2—3 *в*. Изменение параметров тиратрона $Л_2$ не может отразиться на надежности работы схемы, поскольку стабилизация напряжения на конденсаторе C_1 осуществляется им же за счет тока темнового разряда сетки. Ввиду значительности величин резисторов R_2 и R_3 ток разряда недостаточен для ионизации промежутка анод-катод тиратрона. По этим же причинам напряжение на конденсаторе C_1 не может быстро измениться при появлении управляющего импульса. Ввиду этого потенциал сетки на короткое время повышается, что приводит к увеличению тока в ее цепи и зажиганию тиратрона.

С учетом такого характера действия схемы оказываются важными скорость нарастания импульсов и емкость конденсатора C_1. При медленном повышении напряжения потенциал заряда конденсатора может измениться, не вызывая зажигания тиратрона. Важна также величина резистора R_2, так как уменьшение его может привести к произвольным срабатываниям схемы.

Управление работой схемы производится импульсами, образующимися на резисторе R_3 при увеличении тока фотоэлемента $Л_1$. Последнее происходит в момент резкого увеличения освещенности за счет света основной фотовспышки. Благодаря импульсному характеру работа светосинхронизатора мало зависит от освещенности объекта съемки. Включение различных источников света может вызвать лишь однократное срабатывание схемы.

К числу недостатков подобной схемы относятся необходимость подбора величины резистора R_2 и более тщательной (в сравнении со схемой рис. 27) регулировки резистора R_1, определяющего напряжение на аноде тиратрона. Ввиду этого резистор R_1 сделан переменным.

Достоинством данного светосинхронизатора, как и описанного ранее, является незначительное потребление тока. Поэтому питание фотовспышки может производиться обычным образом от батарей.

Фотовспышка со светосинхронизатором

На рис. 30 изображена схема фотовспышки, в состав которой входит светосинхронизатор. Коммутирующим элементом в цепи зажигания импульсной лампы $Л_3$ служит тиратрон $Л_2$. Наличие тиратрона с накаливаемым катодом определяет и основной вид питания всего устройства — от сети переменного тока. Ввиду этого фотовспышку целесообразно использовать как дополнительный мощный источник света при съемках в больших помещениях.

Напряжение электросети трансформируется до 220 *в* и с помощью диодов $Д_1$—$Д_4$ заряжает конденсаторы C_1 и C_2 (напряжение заряда их равно 300 *в*). Эти конденсаторы соединены между собой

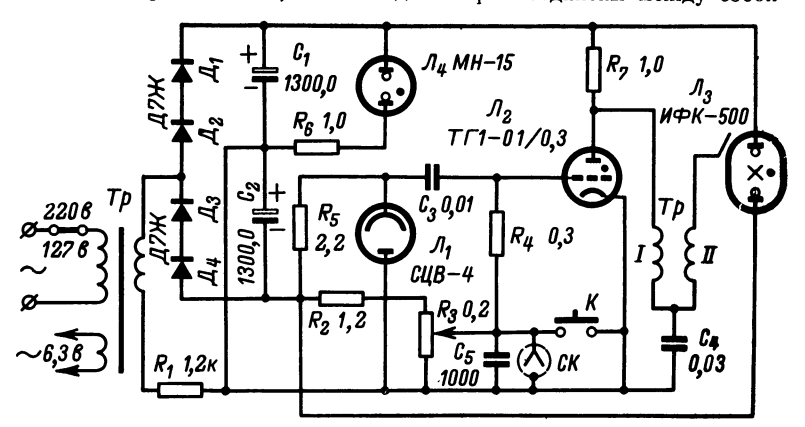


Рис. 30. Схема фотовспышки со светосинхронизатором.

последовательно, благодаря чему напряжение питания импульсной лампы $Л_3$ составляет примерно 600 *в*, что обеспечивает энергию вспышки 120 *дж*. Зажигание лампы $Л_3$ происходит в момент пропускания тиратроном $Л_2$ тока через первичную обмотку *I* трансформатора $Тр_2$. В обычном состоянии схемы тиратрон $Л_2$ закрыт отрицательным напряжением, приложенным к его управляющей сетке. Это напряжение снимается с делителя R_2R_3 и подается на сетку через резистор R_4. Для облегчения выбора оптимального значения запирающего напряжения (35—40 *в*) резистор R_3 — переменный.

С помощью конденсатора C_3 сетка тиратрона соединена с нагрузочным резистором R_5 вакуумного фотоэлемента $Л_1$. В момент вспышки основного фотоосветителя ток через фотоэлемент увеличивается и на резисторе R_5 выделяется положительный импульс напряжения. Вследствие этого потенциал управляющей сетки тиратрона повышается и происходит зажигание его. При этом ток разряда конденсатора C_4 проходит через обмотку *I* трансформатора $Тр_2$ и образует на обмотке *II* импульс, зажигающий лампу $Л_3$.

При использовании фотовспышки в качестве основной управление ее рабстой производится синхроконтактами, включенными в гнездо *СК*. В момент замыкания синхроконтактов шунтируется резистор R_3, вследствие чего потенциал сетки тиратрона становится равным

потенциалу его катода. Этого достаточно для зажигания тиратрона, поскольку пусковая характеристика его отрицательна (зажигание происходит в области отрицательных напряжений на управляющей сетке).

Наладка схемы заключается в выборе положения подвижного контакта потенциометра R_3. Напряжение, снимаемое в этой точке, должно обеспечивать надежное запирание тиратрона; в то же время значение его не должно быть излишне велико, чтобы при резком увеличении освещенности фотоэлемента тиратрон мог зажечься. Емкостная связь между фотоэлементом и тиратроном исключает надобность регулировки при различной освещенности помещения. Однако потребность в регулировке может возникнуть в процессе эксплуатации фотовспышки вследствие возможного изменения параметров тиратрона.

Конструкция фотовспышки может быть различной. Важно лишь предусмотреть возможность поворота фотоэлемента в сторону основного осветителя. С этой целью фотоэлемент удобно смонтировать в поворотном колпаке с отверстием, расположив его под основным корпусом фотовспышки.

Трансформатор питания $Тр_1$ собран на Ш-образном сердечнике сечением 22×33 *мм*. Сетевая его обмотка состоит из 1 320 витков провода ПЭЛ 0,12 с отводом от 665-го витка, повышающая обмотка из 1 290 витков того же провода, а накальная обмотка — из 40 витков ПЭЛ 0,51. Можно использовать и готовые трансформаторы от радиовещательных приемников. Импульсный трансформатор $Тр_2$ выполняется без сердечника на оправке диаметром 6 *мм*. Первичная обмотка *I* состоит из 30 витков провода ПЭЛ 0,51, а вторичная *II* — из 3 000 витков ПЭШО 0,07.

Схема зажигания на транзисторах

Кроме газоразрядных приборов, в схемах автоматического зажигания импульсных ламп могут использоваться транзисторы. По долговечности и надежности работы в подобных схемах они не уступают безнакальным тиратронам и намного превосходят в этом отношении неоновые лампы. Немаловажным преимуществом транзисторов является способность их реагировать на управляющие импульсы малого напряжения.

На рис. 31 приведена схема светосинхронизатора, полностью собранного на транзисторах. Один из них — $Т_2$ служит для создания с помощью трансформатора *Тр* высоковольтного импульса. В отличие от ранее рассмотренных схем в трансформаторе *Тр* имеется обмотка обратной связи *III* и схема представляет по существу блокинг-генератор, работающий в ждущем режиме. Запуск блокинг-генератора происходит в момент поступления светового импульса на транзистор $Т_1$. Последний в описываемой схеме используется в качестве светочувствительного элемента. С этой целью металлический колпачок его удален и заменен прозрачным пластмассовым.

Наибольшая светочувствительность получается при освещении эмиттерного перехода транзистора. В этом случае ток, образующийся при попадании света на кристалл германия, проходит по базовой цепи и вызывает усиленный ток коллектора. Импульс напряжения, выделяющийся на резисторе R_3 в эмиттерной цепи тран-

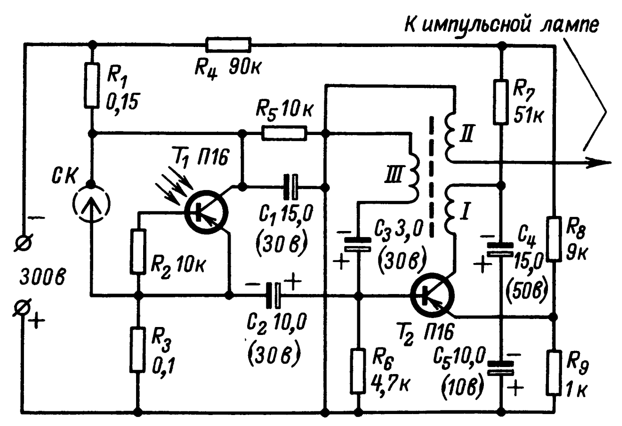


Рис. 31. Схема светосинхронизатора на транзисторах.

зистора T_1, служит для запуска блокинг-генератора; через конденсатор C_2 он передается в цепь базы транзистора T_2.

С приходом управляющего импульса ток коллектора транзистора T_2 лавинообразно нарастает благодаря наличию положительной обратной связи. Скорость изменения тока в коллекторной цепи такова, что несмотря на сравнительно невысокий коэффициент трансформации трансформатора *Тр* импульс напряжения на его обмотке *II* достаточен для надежного зажигания импульсной лампы.

Благодаря тому, что запускающий импульс поступает на базу транзистора T_2 через разделительный конденсатор, схема оказывается нечувствительной к уровню общей освещенности объекта фотосъемки. При управлении схемой непосредственно от синхроконтактов последние включаются в гнездо *СК*.

Схема не требует наладки, за исключением подбора гасящего резистора R_4, сопротивление которого должно выбираться так, чтобы транзистор T_2 был надежно заперт, а напряжение на его коллекторе не превышало допустимое для используемого типа.

Трансформатор *Тр* выполняется на тороидальном сердечнике из феррита с начальной проницаемостью около $1 \cdot 10^{-3}$ *гн/м*. Наилучшие результаты достигаются при использовании в качестве сердечника двух колец диаметром 10—20 *мм*. Обмотки *I* и *III* наматываются проводом МГТФ (монтажный с тефлоновой изоляцией) сечением 0,1 *мм*^{2} и содержат по 15 витков. Можно использовать и другой провод, но тогда, возможно, потребуется дополнительная изоляция между обмотками. Обмотка *II* наматывается проводом ПЭВ 0,09—0,1 и состоит из 1 500—1 600 витков. В целях уменьшения габаритов трансформатор можно собрать на торах меньшего диаметра, например 17/8 *мм*. Обмотки *I* и *III* в этом случае должны содержать по 10 витков, а обмотка *II* — 1 000 витков провода указанных марок.

Синхронизация при питании импульсных ламп переменным напряжением

Как уже упоминалось, импульсные лампы могут подключаться непосредственно к мощному источнику тока, в частности к осветительной сети переменного тока. При таком способе питания отпадает

надобность в громоздких накопительных конденсаторах, благодаря чему габариты и масса фотовспышек уменьшаются. Кроме того, перерывы между вспышками, независимые в этом случае от времени заряда накопительного конденсатора, могут быть сокращены; они определяются лишь условиями, при которых средняя мощность, рассеиваемая в лампе, не превышает допустимую.

Принцип работы подобных схем сводится к тому, что высоковольтный зажигающий импульс подается к лампе в тот момент, когда сетевое напряжение достигло или превысило значение, при котором лампа может зажечься. В лампе возникает разряд, продолжающийся пока питающее напряжение не снизится до напряжения погасания лампы. Рост мгновенного значения напряжения в последующие периоды не приводит к возобновлению разряда, так как для этого необходим повторный зажигающий импульс. Длительность вспышки в таких условиях равна примерно четверти периода колебаний сетевого напряжения и при частоте 50 *гц* составляет 1/150—1/200 *сек*. Вспышка должна происходить при полностью раскрытом затворе фотоаппарата. Однако время полного раскрытия затвора ввиду такой продолжительности вспышки должно быть больше обычного. Нарушение этого в случае съемки с центральным затвором приведет к неполному использованию световой энергии, а при использовании шторного затвора экспонирование кадра получится неравномерным. Действительно, даже при точном совпадении начала вспышки с окончанием движения открывающей шторки вследствие большой длительности вспышек часть кадра будет получать освещение как при полностью открытых шторках, так и во время движения закрывающей шторки, когда другая часть его уже будет закрыта.

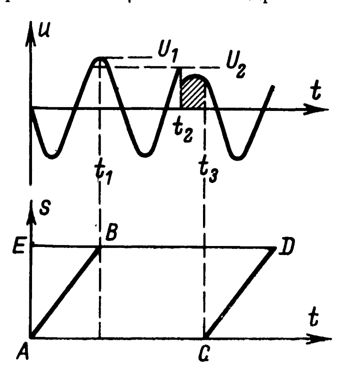


Рис. 32. График напряжения на электродах импульсной лампы и диаграмма работы шторного затвора.

Для нормального экспонирования кадра вспышка должна начинаться и заканчиваться при неподвижном состоянии шторок затвора, а время полного раскрытия его, исходя из этих соображений, должно быть не меньше 1/150 *сек*. Однако срабатывание затвора может произойти при любом мгновенном значении сетевого напряжения, в том числе (и более вероятно) в моменты, когда лампа не может зажечься или зажигание ее нежелательно (имеются в виду значения напряжения, достаточные для зажигания лампы, но имеющие место в конце полупериода).

Наихудший случай показан на рис. 32. Синусоидальная кривая здесь изображает изменение сетевого напряжения во времени. Наклонные линии *AB* и *CD* показывают движение шторок затвора (*AB* — открывающей, *CD* — закрывающей). По вертикальной оси отложена длина пути шторки *AE*, т. е. длина кадра. Напряжение U_2 равно напряжению зажигания импульсной лампы. Заштрихованная часть синусоиды соответствует времени, в течение которого происходит вспышка.

Как показано на рис. 32, движение открывающей шторки закончилось в момент времени t_1, в этот же момент произошло и замыкание синхроконтакта фотоаппарата. Значение напряжения U_1 при t_1 достаточно для зажигания импульсной лампы, но некоторая часть полупериода уже прошла, и, следовательно, длительность и световая энергия вспышки будут меньше возможных значений. Вспышка в следующий отрицательный полупериод напряжения затруднена, так как напряжение на аноде лампы в это время имеет обратную полярность.

Таким образом, зажигание лампы должно произойти в следующий положительный полупериод в момент t_2. Очевидно, что в течение всего этого времени затвор должен оставаться раскрытым, а движение закрывающей шторки должно начаться не ранее момента t_3. При этом время полного раскрытия, равное сумме задержки и длительности вспышки, должно быть не менее $1/50+1/150=1/40$ *сек*.

К сожалению, большинство затворов шторного типа при работе на выдержках 1/20—1/25 *сек* таким требованиям не отвечает. В случае применения фотоаппаратов с усложненными шторными затворами съемка возможна на выдержках 1/10—1/15 *сек*. При наличии в фотоаппарате простого шторного затвора (первые модели ФЭД, «Зенит» и т. п.) надежное совпадение вспышки обеспечивается лишь при выдержках «от руки».

Надо сказать, что эффект моментальной съемки может быть сохранен и в этих случаях, несмотря на продолжительную выдержку. Для этого освещение объекта должно создаваться в основном за счет вспышки, а доля других, постоянно включенных источников света, не должна быть существенна. Применение затворов центрального типа несколько упрощает съемку, однако и при них необходимо, чтобы выдержка (а лучше время полного раскрытия) была не меньше суммарного времени запаздывания и длительности вспышки.

Рассмотренные особенности работы импульсных ламп при питании переменным напряжением вынуждают использовать специальные схемы зажигания, обеспечивающие двойную синхронизацию вспышки. Поскольку для зажигания ламп обычно используется одиночный импульс высокого напряжения, он должен произойти точно в нужный момент. Для этого либо схема должна запомнить факт срабатывания синхроконтактов, либо длительность замыкания последних не должна быть меньше возможного запаздывания вспышки, т. е. 1/50 *сек*.

Схемные решения указанных требований могут быть различны. Примером является одна из первых промышленных фотовспышек подобного типа — электронная фотовспышка ЭВ-4 («Заря»).

Электронная фотовспышка ЭВ-4 («Заря»)

На рис. 33 изображена схема электронной фотовспышки ЭВ-4 с непосредственным питанием от электросети переменного тока. Импульсная лампа *Л*, используемая в этой фотовспышке, в отличие от обычных является объединением импульсной лампы $Л_1$, импульсного трансформатора *Тр* и специального разрядника $Л_2$. Указанные элементы расположены в общем баллоне, снабженном для соединения с остальной схемой октальным цоколем. Переключение фотовспышки для работы с сетевым напряжением 127 или 220 *в* дости-

гается перестановкой баллона в панели. Соединения в схеме на рис. 33 соответствуют включению в электросеть 127 *в*.

Принцип работы схемы заключается в следующем. При включении фотовспышки в электросеть конденсатор *С* заряжается через полупроводниковый диод *Д* и параллельно соединенные резисторы R_5 и R_6, подобранные так, что процесс заряда конденсатора длится примерно 2 *сек*. Напряжение на конденсаторе *С* через первичную обмотку *I* импульсного трансформатора *Тр* приложено к электродам разрядника $Л_2$. Однако зажигания последнего не происходит. После замыкания синхроконтактов в фотоаппарате анод *а* и зажигающий электрод *з* разрядника через резисторы R_1, R_2 и R_4 оказываются соединенными с проводами электросети.

В момент, близкий к максимуму сетевого напряжения, между электродами лампы $Л_2$ возникает тлеющий разряд, который вызывает пробой промежутка анод — катод. При этом на вторичной обмотке *II* импульсного трансформатора образуется напряжение, зажигающее лампу $Л_1$.

Сопротивление лампы $Л_1$ после ее зажигания составляет всего 1,5 *ом*; благодаря этому проходящий ток достигает примерно сотни ампер. Величина тока в значительной степени зависит от сопротивления проводов питающей сети, поэтому в случае не вполне доброкачественной проводки интенсивность вспышки будет понижена. Равным образом сказывается и использование различных маломощных переходных трансформаторов. Особое значение имеет надежность контактов в различных выключателях, предохранителях и т. п. Ввиду кратковременности импульса тока при вспышке сгорания плавких предохранителей не происходит, однако срабатывание малоинерционных электромагнитных предохранителей возможно.

Для устранения перегрузки лампы при питании от электросети 220 *в* последовательно с фотовспышкой включается балластный резистор сопротивлением 1,5 *ом*. Перестановка баллона лампы *Л* в панели при работе от электросети 220 *в* изменяет лишь включение резистора R_5. Последний в этом случае оказывается подсоединенным параллельно диоду *Д*. Благодаря этому напряжение на конденсаторе *С* по сравнению с работой при напряжении электросети 127 *в* почти не изменяется.

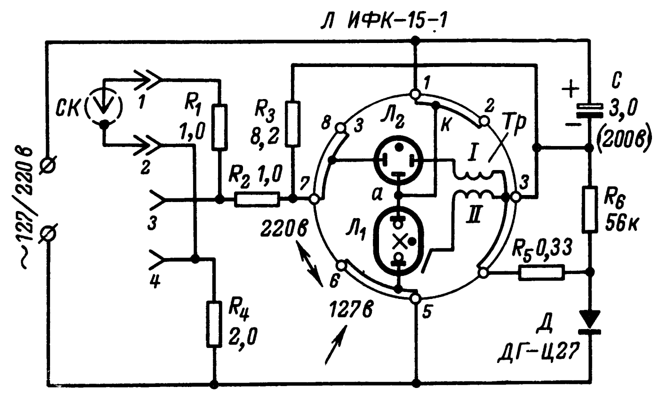
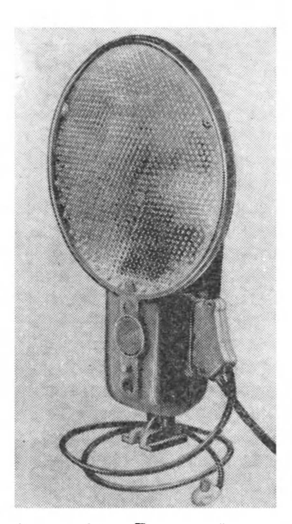


Рис. 33. Схема фотовспыщки ЭВ-4.

Резисторы R_1, R_2 и R_4 служат для уменьшения тока через зажигающий электрод разрядника $Л_2$, момент зажигания которого зависит от сопротивления этих резисторов. При работе с пониженным сетевым напряжением один резистор R_1 исключается и синхроконтакты соединяются с зажимами *3* и *4*.

При таком принципе работы схемы необходим точный подбор резисторов R_1, R_2 и R_4. И все же при нормальном и тем более повышенном напряжении в электросети вспышка возможна как в моменты, предшествующие максимуму напряжения, так и в следующие за ним моменты. Ввиду этого возникает вероятность получения ослабленных вспышек. По заводским нормам она составляет не более 20% (при нормальном напряжении электросети). Наличие резисторов R_1, R_2 и R_4 является также мерой, устраняющей опасность поражения электрическим током. Синхроконтакты и корпус фотоаппарата в этом случае прямого соединения с электросетью не имеют. Однако при наличии заметной проводимости пола помещения, в котором производится съемка, может возникнуть цепь, шунтирующая синхроконтакты, что приведет к нарушению нормальной работы схемы.


Рис. 34. Внешний вид фотовспышки ФИЛ-9.

Как видно из принципа работы фотовспышки ЭВ-4, синхроконтакты фотоаппарата после срабатывания должны некоторое время оставаться замкнутыми. Длительность замыкания их должна быть не меньше возможного запаздывания вспышки, т. е. 1/50 *сек*, и не больше времени, в течение которого заряжается конденсатор C. Если к моменту окончания повторного (после вспышки) заряда конденсатора C цепь зажигания разрядника $Л_2$ будет замкнута, то действие схемы повторится.

Достоинствами фотовспышки ЭВ-4 являются малые габариты и масса (250 *г*). При этом качества ее, как осветительного прибора, весьма высоки. Энергия вспышки при сетевом напряжении 127 и 220 *в* составляет 35 и 60 *дж*; ведущие числа соответственно равны 28 и 40.

Аналогичная фотовспышка более позднего выпуска — ФИЛ-9 (рис. 34) имеет более удачное конструктивное оформление, но предназначена для включения в сеть лишь с напряжением 220 *в*. Импульсная лампа и другие детали фотовспышки смонтированы на текстолитовой плате, помещаемой в корпусе осветителя; возможность переключения на другое напряжение не предусмотрена. В остальном схемы этих фотовспышек почти точно совпадают.

Фотовспышки с автоматическим дозированием освещения

Определение нужного значения диафрагмы при съемке с фотовспышками иногда осложняется наличием света от других источников и постоянно требует внимания фотографа. Очень удобны в этом

отношении фотовспышки, автоматически дозирующие освещение с учетом конкретных условий фотосъемки и, в частности, расстояния до освещаемого объекта.

В функции регулирующего узла такой фотовспышки входит измерение количества освещения, получаемого объектом во время вспышки, и прекращение последней в момент, когда это количество освещения — экспозиция — достигнет заданной величины. Как известно, импульсные лампы после начала в них разряда неуправляемы, однако необходимую регулировку удается осуществить, перераспределяя энергию заряда накопительного конденсатора.

С этой целью к конденсатору, параллельно основной импульсной лампе, включается вспомогательная, не используемая для осве-

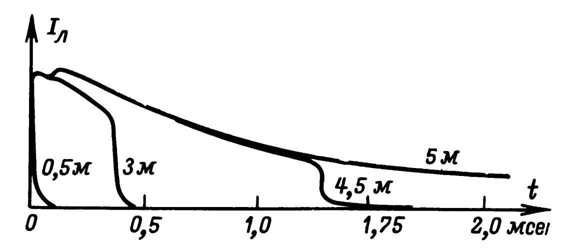


Рис. 35. Осциллограммы тока в импульсной лампе при расстояниях до освещаемого объекта 5,0; 4,5; 3,0 и 0,5 *м*.

щения импульсная лампа со значительно меньшим внутренним сопротивлением, которая, зажигаясь, шунтирует основную. Вспышка в основной лампе при этом быстро прекращается, что в зависимости от ряда факторов происходит либо непосредственно в момент зажигания вспомогательной лампы, либо несколько позднее в ходе разряда конденсатора на малое внутреннее сопротивление вспомогательной лампы.

Импульс для зажигания вспомогательной лампы вырабатывается релейной схемой, срабатывание которой возможно лишь после начала вспышки в основной лампе и наступает тем ранее, чем сильнее световой поток, отражающийся от объекта съемки. При расстоянии до объекта, превышающем некоторое граничное значение, световой поток мал, и вспышка успевает закончиться с полным расходованием энергии накопительного конденсатора. Таким образом, ведущее число фотовспышки в остальных случаях оказывается переменным и для определенных пределов расстояния до объекта изменяется автоматически. Значение диафрагмы, напротив, должно оставаться неизменным и зависит только от светочувствительности фотоматериала.

Рассмотренный принцип дозирования света используется в ряде зарубежных фотовспышек, в частности «Мекаблитц-185». Ведущее число этой фотовспышки при съемках с расстояния более 5 *м* равно 20 (для светочувствительности 18 Дин). При съемках с меньших расстояний в пределах 5,0—0,5 *м* обеспечивается автоматическое дозирование освещения, причем длительность вспышки за счет ее гашения сокращается от величины, превышающей 2 *мсек*, до 20 *мксек*. Осциллограммы тока в основной лампе при расстояниях

до объекта 5,0; 4,5; 3,0 и 0,5 *м* приведены на рис. 35; на рис. 36 изображена схема фотовспышки (без узла питания) *.

Основной здесь является импульсная лампа $Л_2$. Прекращение разряда в ней осуществляется с помощью специальной переключающей лампы $Л_3$, поджигаемой импульсом напряжения на вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$. Импульс тока в цепи первичной обмотки образуется за счет разряда конденсатора C_5 при переходе в проводящее состояние тиристора T_1.

Часть схемы, управляющая тиристором (в ее состав входят фотодиод $Д_4$ и транзистор T_2), с целью исключения несвоевременных срабатываний получает питание только на время вспышки основной лампы. Источником питания в этом случае служит кон-

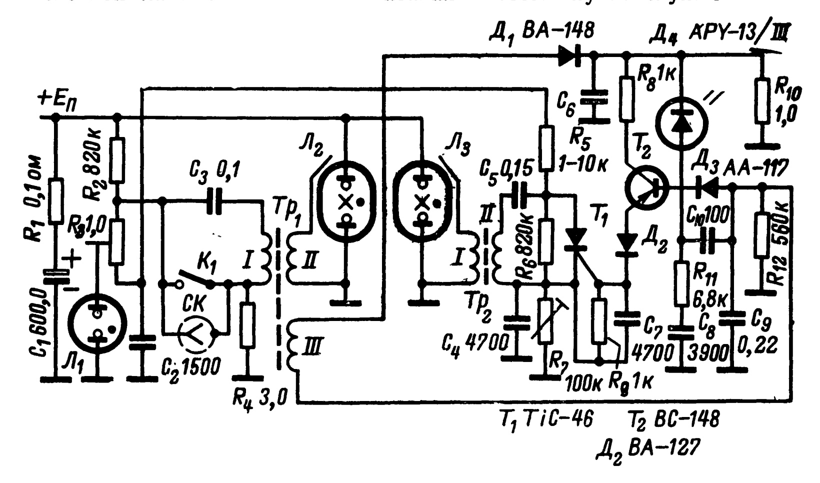


Рис. 36. Схема автоматической фотовспышки «Мекаблитц-185».

денсатор C_6, который вместе с конденсатором C_9 заряжается через диод $Д_1$ импульсом с дополнительной обмотки трансформатора $Тр_1$.

Последнее происходит в момент замыкания синхроконтактов, после чего начинается заряд интегрирующего конденсатора C_8 током через фотодиод. Этот ток, пропорциональный освещенности объекта, определяет скорость нарастания напряжения на конденсаторе и, следовательно, время, необходимое для достижения значения, при котором происходят открывание транзистора и тиристора и соответственно зажигание лампы $Л_3$. Таким образом, количество освещения, получаемое объектом и регистрируемое фотодиодом, поддерживается неизменным при различных условиях съемки.

Применение в рассмотренной схеме малоинерционных элементов, таких как фотодиод и тиристор, обеспечивает весьма высокое ее быстродействие, но одновременно обусловливает и некоторую ее сложность. В ряде случаев может быть использована более простая схема автоматизации фотовспышки (рис. 37), рассчитанная на применение фоторезистора ФСД-1 и безнакального тиратрона МТХ-90.

* См. «Funk-technik», 1968, № 22.

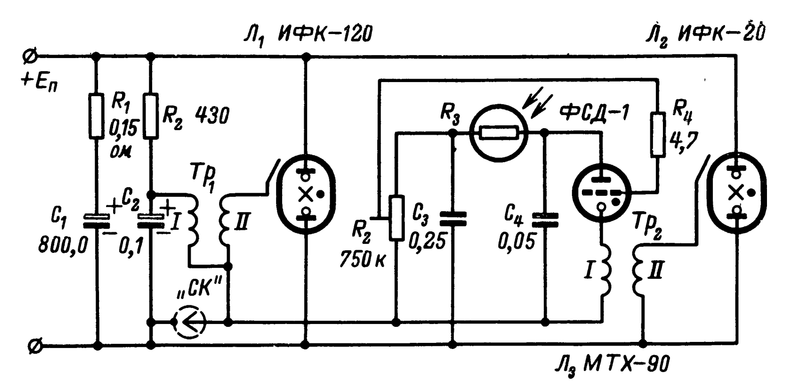


Рис. 37. Схема фотовспышки с автоматическим дозированием освещения.

Вспомогательной, гасящей лампой служит импульсная лампа $Л_2$ типа ИФК-20. Она обладает достаточно малым внутренним сопротивлением в сравнении с основной лампой $Л_1$ типа ИФК-120, но не удовлетворяет по параметру фактора нагрузки. Введение в цепь разряда накопительного конденсатора C_1 резистора R_1 вызывает некоторые потери энергии, но устраняет перегрузку и обеспечивает возможность четкого перераспределения энергии конденсатора вплоть до мгновенного гашения основной лампы.

Действие этой схемы (как и предыдущей) состоит по существу в задержке вспышки гасящей лампы на интервал времени, зависимый от падающего на фоторезистор R_3 светового потока. При конкретных значениях светового потока этот интервал определяется емкостью интегрирующего конденсатора C_4, заряжаемого через фоторезистор с момента замыкания синхроконтактов. В небольших пределах задержка (а следовательно, и дозируемая экспозиция) регулируется изменением тока подготовительного разряда тиратрона $Л_3$ с помощью потенциометра R_2. Может быть несколько изменена (относительно указанной в 1,5—2 раза) и емкость конденсатора C_4.

Максимальное ведущее число фотовспышки оказывается уменьшенным по сравнению с номинальным примерно на 15—20% и сохраняется таким для расстояний до объекта, на которых вспышек вспомогательной лампы $Л_2$ не происходит. Значение диафрагмы, полученное из расчета на расстояние, при котором начинаются вспышки, остается справедливым и для более близкого расположения объектов, примерно до 1 *м*.

Глава третья

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОТСЧЕТА ВЫДЕРЖКИ ПРИ ФОТОПЕЧАТИ

Электронные реле времени

Фотопечать является заключительным этапом всего процесса получения фотографического изображения и во многом определяет успех его. Основную роль в этом играют подбор фотобумаги к данному негативу и определение экспозиции. Немаловажно и требова-

ние точного повторения найденной оптимальной выдержки. Такая операция может быть выполнена с высокой точностью и притом автоматически с помощью устройств, получивших название реле времени. Широкое распространение получили электронные реле времени, являющиеся по существу электронными часами, в заданный момент выключающими лампу фотоувеличителя. Принцип действия большинства подобных схем основан на свойстве конденсатора накапливать электрический заряд.

Напряжение на конденсаторе при подключении его к источнику постоянного тока через сопротивление не может возрасти мгновенно. Нарастание напряжения происходит постепенно, подчиняясь следующему закону.

$$u_C = U_0\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right),$$

где u_C — напряжение на конденсаторе, *в*; U_0 — напряжение источника, *в*; C — емкость конденсатора, *мкф*; R — зарядное сопротивление, *Мом*; t — время заряда, *сек*; e — основание натуральных логарифмов, равное 2,72.

Противоположное явление происходит при шунтировании заряженного конденсатора, т. е. при разряде его через сопротивление. В этом случае напряжение постепенно падает, но, как и при заряде, оказывается зависимым от времени.

Таким образом, напряжение на конденсаторе может служить мерой времени, что и используется в различных радиотехнических схемах. Время заряда конденсатора до заданного напряжения $U_з$ оказывается равным:

$$t = RC \ln \frac{U_0}{U_0 - U_з}.$$

Для получения автоматического действия схемы остается каким-либо способом фиксировать момент достижения напряжения $U_з$. Проще всего это осуществить с помощью газоразрядного прибора, например неоновой лампы *НЛ*, включая ее параллельно конденсатору *C* (рис. 38).

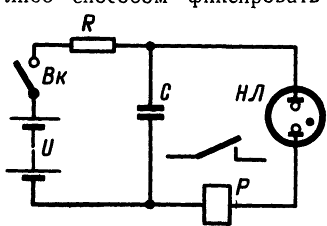


Рис. 38. Общая схема реле времени с газоразрядным прибором.

Неоновые лампы, как и другие двухэлектродные газоразрядные приборы, имеют свойство зажигаться при условии, что напряжение на их электродах будет равно или превысит потенциал зажигания. Это свойство газоразрядных приборов позволяет осуществить фиксацию заданного напряжения и, следовательно, времени. При этом в цепь конденсатор — неоновая лампа может быть включено электромагнитное реле *P*, которое при возникновении тока срабатывает, выполняя те или иные функции. Продолжительность прохождения тока через обмотку реле определяется временем, в течение которого конденсатор разрядится до напряжения гашения лампы. Очевидно, что для подобных схем разницу в напряжениях зажигания и гашения лампы желательно иметь наибольшей.

Фиксация заданного напряжения на конденсаторе может производиться и с помощью электронных ламп (рис. 39). Как известно, анодный ток лампы зависит от напряжения на управляющей сетке и равен нулю, если это напряжение ниже потенциала запирания.

В отличие от газоразрядных приборов изменение анодного тока лампы при изменении сеточного напряжения происходит более или менее плавно. Ввиду этого момент срабатывания электромагнитного реле в анодной цепи зависит от его чувствительности. Такой характер менее желателен для различных автоматических схем, однако надежная работа их возможна и в этом случае.

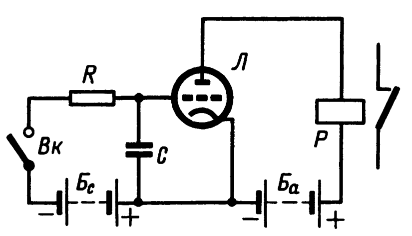


Рис. 39. Общая схема реле времени на электронной лампе.

В схеме реле времени могут быть использованы и транзисторы. Поскольку последние относятся к числу приборов, управляемых током во входной цепи, схема соединения их с времязадающей RC-цепью оказывается несколько иной; транзистор включается в цепь заряда (или разряда) конденсатора последовательно (рис. 40). Величина тока в этой цепи изменяется от максимального значения, определяемого напряжением источника и величиной резистора R, до нуля в момент окончания процесса. Характер изменения тока при заряде и разряде одинаков и повторяет изменения напряжения на конденсаторе при его разряде. При использовании полевых транзисторов или вообще транзисторных узлов с высоким входным сопротивлением схема их соединения с времязадающей цепью может быть подобна изображенной на рис. 39.

Время, в течение которого напряжение на конденсаторе достигает заданной величины, зависит от нескольких факторов. Как следует из приведенного выражения, прямое пропорциональное влияние на это оказывает произведение RC (так называемая постоянная времени). Чем больше это произведение, тем медленнее будет расти напряжение на емкости. Регулировка времени срабатывания в схемах чаще всего осуществляется изменением именно этих величин и особенно часто изменением сопротивления зарядного резистора R. С этой целью применяются переменные резисторы или группы постоянных резисторов, суммарное сопротивление которых изменяется с помощью переключателей.

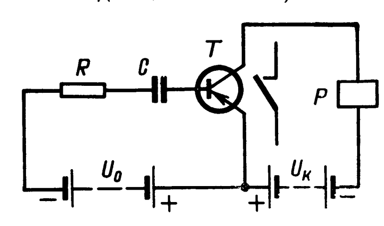


Рис. 40. Общая схема реле времени на транзисторе.

Пропорциональная зависимость времени срабатывания от величин R и C облегчает расчет схем, поскольку при этом оказывается справедливым отношение

$$t_1/t_2 = R_1/R_2 = C_1/C_2.$$

Максимальное сопротивление зарядного резистора ограничено в пределах 10—15 *Мом* возможными утечками в монтаже и особен-

но в зарядном конденсаторе. Наличие утечек искажает линейную зависимость между временем и величиной RC и может послужить причиной ненадежной работы всей схемы. Исходя из этого, в качестве зарядных должны применяться конденсаторы с минимальным током утечки, в частности металлобумажные, слюдяные и т. п. По этим же соображениям емкость конденсатора не может быть взята больше 30—40 *мкф*.

Минимальная емкость в схемах с газоразрядными приборами также ограничена. Поскольку срабатывание электромагнитного реле обычно происходит за счет энергии, накапливаемой в зарядном конденсаторе, более надежная работа обеспечивается при бо́льшей емкости. Последняя в зависимости от чувствительности электромагнитного реле выбирается не меньше 5—10 *мкф*.

В схемах, где напряжение на конденсаторе лишь управляет током через реле, например с помощью электронной лампы, зарядная емкость может быть значительно уменьшена. Разумеется, величина отсчитываемого времени при этом уменьшается и для компенсации этого необходимо увеличение зарядного сопротивления. В то же время применение малоемкостного конденсатора для одного из поддиапазонов выдержек позволяет легко осуществить кратное изменение их путем подключения дополнительных конденсаторов. Подобная регулировка отсчитываемого времени очень удобна, а в ряде случаев и необходима.

Как уже указывалось, на время выдержек влияют также напряжение источника U_0 и напряжение на конденсаторе $U_з$, при котором происходит срабатывание схемы (так называемое напряжение реагирования). Значение напряжения $U_з$ при использовании неоновых ламп и стабилитронов равно потенциалу их зажигания, а при использовании электронных ламп оно равно потенциалу управляющей сетки, при котором происходит срабатывание электромагнитного реле.

Выдержка, отсчитываемая при неизменной величине RC, тем больше, чем меньше разность $U_0—U_з$, но при этом сильнее сказывается влияние на выдержку ухода одного из этих напряжений. Таким образом, стабильность работы схемы определяется отношением

$$U_0/U_з=k,$$

где k — коэффициент срабатывания.

Чем больше k, тем выше стабильность. Однако значительное увеличение k ввиду связанного с этим укорочения выдержки нецелесообразно. В практических схемах с газоразрядными приборами значение k обычно берется в пределах 1,5—3, а повышение стабильности достигается путем стабилизации зарядного напряжения U_0. Чаще всего для этих целей применяются газоразрядные стабилитроны, рабочее напряжение которых и определяет величину U_0.

Стабилитроны часто используются и в качестве разрядной лампы. Преимуществом их перед неоновыми лампами является более высокая стабильность потенциала зажигания, благодаря чему повышается точность отсчета времени. Тем не менее использование стабилитронов не всегда желательно. Причины этого заключаются в более высоких (по сравнению с неоновыми лампами) значениях потенциала зажигания и внутреннего сопротивления в момент начала разряда.

Влияние изменений зарядного напряжения на величину отсчитываемой выдержки позволяет вводить еще одну независимую ее регулировку. Пределы изменения выдержки при этом невелики (обычно до 2—3 раз), однако таким путем могут производиться и основная регулировка и коррекция выдержки при смене разрядной лампы или изменении ее параметров.

Повышение стабильности реле времени может достигаться также применением элементов и схем, позволяющих линеаризировать процесс изменения напряжения на конденсаторе. Это оказывается эквивалентным значительному повышению зарядного напряжения U_0, т. е. увеличению коэффициента k, и обеспечивается при условии, что заряд или разряд конденсатора происходит током, постоянным по величине.

В качестве такого линеаризирующего элемента может, например, использоваться кремниевый диод (рис. 41), величина обратного тока которого мало зависит от напряжения. Скорость нарастания напряжения на конденсаторе u_C в подобных схемах постоянна и не зависит от напряжения источника:

$$u_C = It/C,$$

где I — постоянный по величине ток заряда.

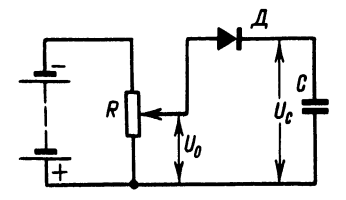


Рис. 41. Схема зарядки конденсатора постоянным током.

Другие способы повышения стабильности рассмотрены далее на примерах практических схем. При сохранении основного принципа действия, свойственного конденсаторным реле времени, схемы их могут быть чрезвычайно разнообразны. Далее приводятся описания нескольких схем, обладающих теми или иными положительными качествами. Бóльшая часть описываемых реле времени содержит в качестве элементов фиксации напряжения газоразрядные стабилитроны и неоновые лампы. Такие схемы очень просты в наладке и допускают значительные отклонения в параметрах применяемых радиодеталей.

Реле времени для коммутации мощной нагрузки

Электромагнитное реле в цепи газоразрядного прибора, фиксирующего выдержку, может выполнять непосредственно функции включения и выключения той или иной нагрузки, в частности лампы фотоувеличителя. Однако для этого реле должно иметь достаточно мощные контакты и быть в то же время чувствительным и малоинерционным. Очевидно, что одновременное выполнение этих противоречивых требований затруднено. Одним из возможных решений задачи является применение двух электромагнитных реле — мощного исполнительного и вспомогательного, достаточно высокой чувствительности. Реле времени, построенные по такому принципу, пригодны для коммутации цепей с большим потреблением мощности.

Схема такого типа приведена на рис. 42. Исполнительным в ней служит реле переменного тока P_1. Поскольку чувствительность его при таком включении существенной роли не играет, можно использовать реле с достаточно мощными контактами, в частности типа МКУ-48.

В момент кратковременного замыкания пусковой кнопки K реле P_1 срабатывает и блокируется контактами *3* и *4*. При этом зажигается лампа фотоувеличителя $Л_1$ и начинается процесс экспонирования. Одновременно получает питание и схема отсчета выдержки. Сетевое напряжение выпрямляется и удваивается с помощью диодов $Д_1$ и $Д_2$ и конденсаторов C_1 и C_2. Выпрямленное напряжение поддерживается равным 150 *в* газоразрядным стабилитроном $Л_2$. Заряд конденсатора C_3, задающего выдержку, производится через

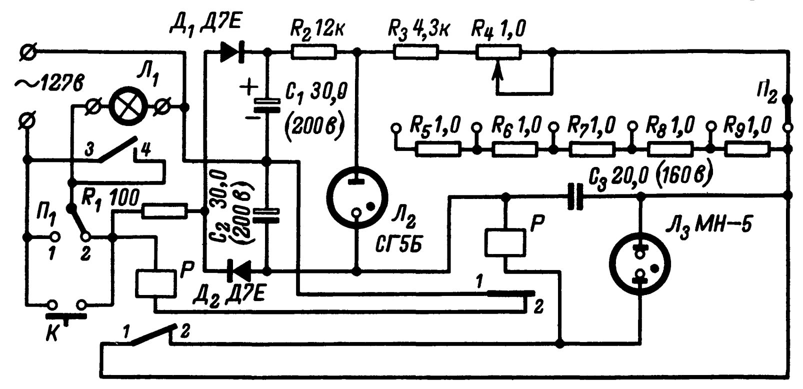


Рис. 42. Схема реле времени для коммутации мощной нагрузки.

переменный резистор R_4 и группу постоянных резисторов R_5—R_9. Суммарная величина их определяется положением переключателя $П_2$.

Такой способ регулировки времени срабатывания реле наиболее прост и позволяет точно установить нужную выдержку. В данной схеме ее величина изменяется от 0,25 *сек* до 3 *мин* и равна сумме значений времени, соответствующих данным положениям ручек переключателя $П_2$ и резистора R_4.

Потенциометр R_4 снабжается шкалой, которая в случае использования резистора с линейной зависимостью (вида А) будет равномерной. Однако для установки выдержки более удобна шкала, растянутая в начале, которая получается при использовании резисторов вида В.

При заряде конденсатора C_3 до потенциала зажигания неоновая лампа $Л_3$ зажигается и пропускает ток через обмотку реле P_2. Реле срабатывает и на короткое время размыкает контакты *1* и *2* в цепи реле P_1. Последнее выключается, отключая при этом электросеть от выпрямителя и осветительной лампы $Л_1$. После окончания отсчета выдержки контакты *1* и *2* реле P_1 замыкают конденсатор C_3 на обмотку реле P_2. Благодаря этому конденсатор окончательно разряжается и схема оказывается готовой к следующему действию.

Переключатель $П_1$ служит для включения лампы фотоувеличителя при наводке на резкость. Вместе с тем он используется при необходимости прекратить процесс печатания раньше заданного времени. Для этого переключатель на короткое время переводят в положение *2* (автомат), лампа увеличителя гаснет и схема готова к началу нового экспонирования.

Вспомогательное реле P_2 в цепи неоновой лампы должно быть достаточно чувствительным. Положение, однако, облегчается тем, что контакты реле действуют на размыкание, возможное при меньшем токе через обмотку. В данной схеме используется малогабаритное реле типа МРЦ с током срабатывания 5 *ма*. Зарядный конденсатор C_3 берется типа МБГО, а конденсаторы C_1 и C_2 — типа ЭГЦ. При условии снижения стабильности отсчитываемой выдержки и уменьшения максимальной величины ее до 1—1,5 *мин* конденсатор

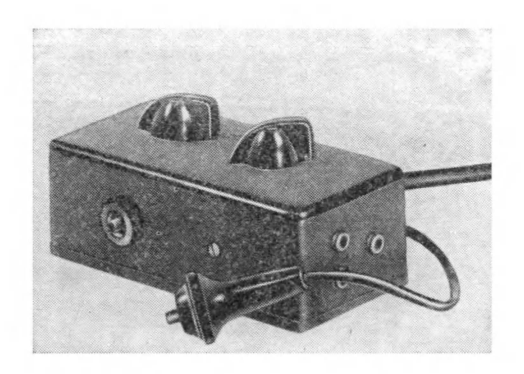


Рис. 43. Внешний вид реле времени.

типа ЭГЦ может быть использован и в качестве зарядного. В этом случае необходимо выбрать конденсатор с минимальным током утечки.

Внешний вид реле времени по схеме рис. 42 показан на рис. 43.

Реле времени с использованием принципа встречного тока

Сравнительно недавно в схемах реле времени начал использоваться принцип встречного тока. В этом случае оказывается возможным обойтись одним электромагнитным реле сравнительно невысокой чувствительности.

Одна из первых схем подобного рода приведена на рис. 44. Особенностью ее является способ установки задаваемой выдержки, осуществляемый девятью отдельными выключателями, ступенчато изменяющими зарядное сопротивление. Комбинируя их включение, можно установить любую выдержку от 0,5 *сек* до 4 *мин* через 0,5 *сек*.

Запуск схемы для отсчета выдержки производится сдвоенным кнопочным переключателем $П_3$. При переводе его контактов в положение *2* срабатывает электромагнитное реле *Р*, контакты *1—2* и *3—4* которого замыкаются. Однако экспонирование и отсчет выдержки начинаются лишь при возвращении контактов переключателя в положение *1*. Благодаря этому длительность нажатия пусковой кнопки на величине выдержки отразиться не может.

Для устранения влияния предыдущего действия схемы зарядный конденсатор C_3 в положении *2* переключателя $П_3$ шунтируется низкоомным резистором R_6. Заряд конденсатора C_3 производится через последовательно соединенные резисторы R_7—R_{16}. Замыкая большую или меньшую часть из них с помощью выключателей, можно изменять зарядное сопротивление и тем самым менять время срабатывания схемы

В момент зажигания стабилитрона $Л_1$ ток разряда конденсатора C_3 проходит через обмотку электромагнитного реле P. По-

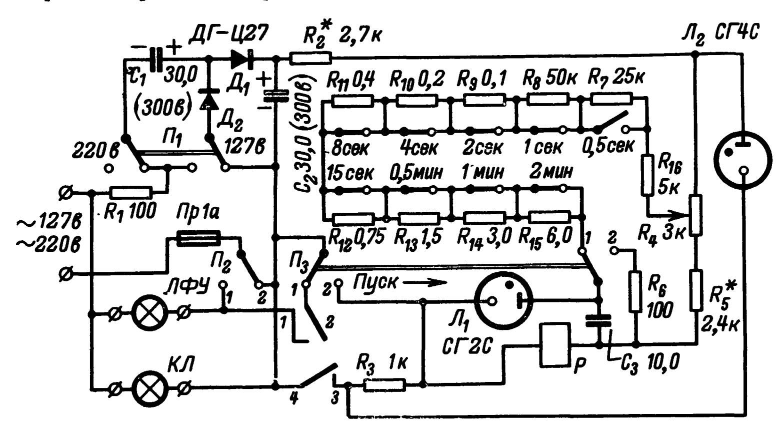


Рис. 44. Схема реле, срабатывающего за счет встречного тока через обмотку электромагнитного реле.

ЛФУ — лампа фотоувеличителя; *КЛ* — красная лампа.

скольку направления этого тока и тока, удерживающего якорь реле, противоположны, действие их взаимно компенсируется и якорь освобождается. При этом контакты *1* и *2* выключают лампу фотоувеличителя, а контакты *3* и *4* размыкают цепь питания обмотки реле.

Подобный принцип срабатывания реле позволяет существенно уменьшить величину разрядного тока, необходимую для надежного действия схемы. Объясняется это следующим. Электромагнитное реле может быть характеризовано тремя значениями рабочего тока, из которых ток срабатывания $I_{ср}$ является наибольшим. Токи удержания $I_{уд}$ и отпускания $I_{отп}$ якоря меньше и составляют определенную часть тока $I_{ср}$.

В то время как в обычной схеме неоновая лампа или стабилитрон должны обеспечить ток, равный $I_{ср}$, в схеме со встречным включением ток, проходящий через обмотку реле, достаточно уменьшить до $I_{отп}$. Значения последнего в данной схеме (за счет включения после запуска резистора R_3) примерно равны току $I_{уд}$. Таким образом, ток стабилитрона $Л_1$ должен быть равен разности токов $I_{уд}$—$I_{отп}$, что значительно меньше тока $I_{ср}$.

В описываемой схеме используется электромагнитное реле типа РСМ-1, ток срабатывания которого равен 20 *ма*. Возможно использование и реле другого типа примерно такой же чувствительности. Величина тока через обмотку реле подбирается изменением сопротивления резистора R_5. Потенциометр R_4 изменяет величину заряд-

ного напряжения и тем самым время срабатывания схемы. Благодаря этому появляется возможность коррекции выдержек при налаживании схемы и замене газоразрядного прибора $Л_1$. Переключатель $П_2$, как и в ранее описанной схеме, служит для сброса ошибочно начатой выдержки и включения лампы фотоувеличителя на продолжительное время. При переводе контактов $П_2$ в положение *1* красная лампа, освещающая фотолабораторию, выключается, что облегчает наводку на резкость.

В схеме вместо стабилитрона СГ2С ($Л_1$) с потенциалом зажигания 105 *в* может быть использована неоновая лампа типа МН-5, но ее применение снижает стабильность выдержек с течением времени, кроме того, напряжение зажигания ламп этого типа, обычно равное 90—110 *в*, согласно нормам может достигать 150 *в*, что затрудняет подбор необходимой лампы.

При конструировании подобных схем следует учесть, что коммутация одной парой контактов электромагнитного реле лампы в фотоувеличителе и выпрямителя схемы (подобно схеме на рис. 42) в данном случае нежелательна. Оставшись подключенным к схеме после ее срабатывания, конденсатор фильтра C_2 будет разряжаться и создавать ток в обмотке реле. Этот ток может оказаться достаточным для возвращения якоря и повторного запуска схемы. Тем не менее такое упрощение схемы возможно при введении в цепь обмотки электромагнитного реле конденсатора C_3 емкостью 1—2 *мкф* (рис. 45). В момент замыкания пусковой кнопки за счет

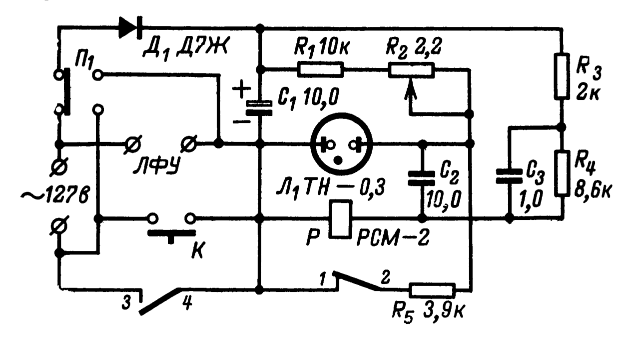


Рис. 45. Упрощенный вариант схемы реле времени с использованием принципа встречного тока.

наличия конденсатора C_3 создается импульс тока, достаточный для срабатывания реле. После зарядки конденсатора C_3 ток в обмотке уменьшается и определяется лишь величинами резисторов R_3, R_4.

Заряд конденсатора C_3 сохраняется в течение некоторого времени (нескольких миллисекунд) и после выключения схемы контактами реле, поэтому ток, продолжающийся за счет разряда конденсатора фильтра C_1, оказывается недостаточным для возвращения якоря реле и повторное действие схемы исключается. Определенную роль играет в этом величина, а также место включения резистора R_5, обеспечивающего встречный ток в обмотке реле после гашения неоновой лампы.

Следует отметить, что исключение из схемы стабилизатора напряжения питания влияет на стабильность отсчета выдержек не-

сколько больше, чем это было бы для схемы на рис. 42. Это связано с тем, что напряжение, выделяющееся на обмотке электромагнитного реле, оказывается введенным в цепь неоновой лампы. Полярность этого напряжения такова, что увеличение напряжения питания и соответственно падения напряжения на обмотке эквивалентно снижению потенциала зажигания лампы и ведет к ускорению срабатывания схемы. В то же время, как известно, увеличение напряжения питания также увеличивает скорость заряда конденсатора. Иными словами, в данном случае одновременно действуют два фактора, влияющие на величину выдержки.

Правда, снижение стабильности в сравнении с обычными схемами без стабилизации напряжения питания невелико. При данных, указанных на схеме рис. 45, и напряжении зажигания неоновой лампы, равном 120 *в*, изменение сетевого напряжения на ±10% вызывает отклонение выдержек соответственно от —30 до +20%. Такая же нестабильность сетевого напряжения в обычной схеме изменяет выдержки от —28 до +16%.

Время срабатывания для схем, использующих принцип встречного тока, определяется выражением, несколько отличающимся от приведенного ранее:

$$t = RC \ln \frac{U_0 - U_р}{U_0 + U_р - U_з},$$

где $U_р$ — падение напряжения на обмотке реле.

Для величин схемы рис. 45 максимальная выдержка составляет 40 *сек*. При включении в электросеть 220 *в* (что возможно при условии увеличения сопротивления резистора R_4 до 20 *ком* и добавления второго диода Д7Ж) стабильность отсчета выдержки повышается. Но одновременно максимальная величина ее уменьшается до 15 *сек* и необходимо увеличение либо емкости конденсатора C_2, либо зарядного сопротивления в его цепи.

Реле времени с применением двухобмоточного электромагнитного реле

В схеме реле времени, выпускаемого отечественной промышленностью (рис. 46), применено двухобмоточное электромагнитное реле (пригодно реле типа РКМ с током срабатывания 10—15 *ма*), выключение которого происходит за счет взаимного уничтожения магнитных полей, создаваемых отдельными обмотками.

При запуске схемы кнопкой *К* через обмотку *П* реле *Р* проходит ток от выпрямителя, собранного на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Величина этого тока после срабатывания реле уменьшается, поскольку последовательно с резистором R_{13} оказывается выключенным резистор R_{12}.

В качестве разрядной лампы служит стабилитрон $Л_2$, который, зажигаясь, пропускает ток разряда конденсатора C_2 через обмотку *I*. Обмотки реле включены так, что ток через обмотку *I* ослабляет магнитное поле, возникающее за счет тока обмотки *II*. В результате этого якорь реле освобождается и размыкает контакты блокировки *3—4* и контакты *6—7* в цепи лампы фотоувеличителя *ЛФУ*. Одновременно замыканием контактов *1—2* конденсатор C_2 подключается для окончательного разряда к обмотке *I*.

Регулировка времени срабатывания схемы осуществляется двояким образом: ступенчатым изменением зарядного сопротивления и

плавной регулировкой напряжения источника заряда. Весь диапазон выдержек от 1 до 265 *сек* разбит на восемь поддиапазонов, соответствующих включению переключателем $П_2$ большей или меньшей части резисторов из группы R_4—R_{11}.

Поддиапазоны в соответствии с этим составляют от 1 до 2 *сек*, от 2 до 4 *сек*, от 4 до 8 *сек* и далее с изменением, кратным 2. В пределах каждого поддиапазона выдержка изменяется плавно потенциометром R_2. Шкала, которой снабжена ручка потенциометра, соответствует четвертому поддиапазону и имеет деления от 8 до 16 *сек*.

Описанный метод установки выдержек (ступенчато, с кратностью 2 и плавно в этих пределах) является одним из наиболее

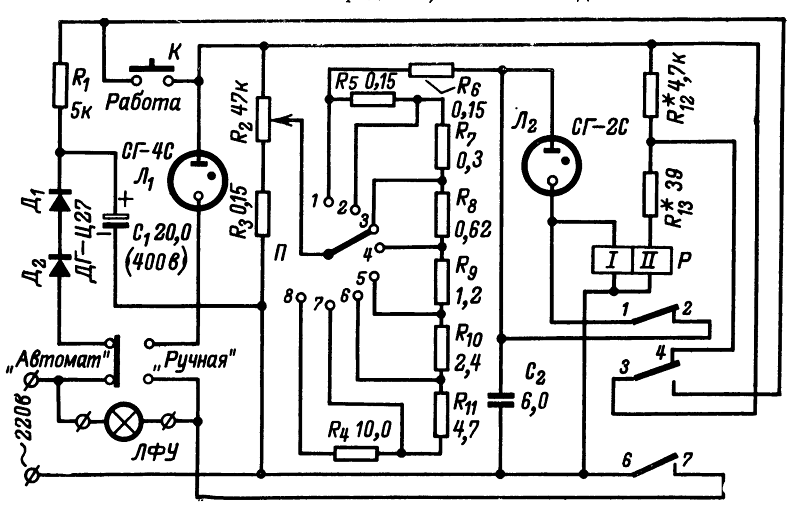


Рис. 46. Схема реле времени с двухобмоточным электромагнитным реле.

пригодных для фотопечати. Однако снижение (при увеличении выдержки) зарядного напряжения до значения, близкого к потенциалу зажигания стабилитрона $Л_2$, нежелательно. Точность градуировки шкалы при этом невысока и гарантируется в пределах ±20%.

Реле времени с применением газоразрядных приборов и транзисторов

Комбинированное использование газоразрядных приборов и транзисторов открывает возможности для конструирования простых и надежных схем реле времени. В отличие от обычных схем с газоразрядными приборами ток через неоновую лампу $Л_2$ в схеме рис. 47 не воздействует непосредственно на электромагнитное реле, а лишь управляет его работой с помощью транзистора.

Такой принцип действия схемы предоставляет большую свободу в выборе отдельных ее элементов. При емкости зарядного конденса-

тора всего лишь 0,5 *мкф* оказывается возможным применить электромагнитное реле с током срабатывания 40—50 *ма* и любой газоразрядный прибор с подходящим напряжением зажигания.

Запуск схемы для отсчета выдержки производится кнопкой *К*. При замыкании ее контактов через обмотку электромагнитного реле *Р* проходит ток заряда конденсатора C_3. В начальный момент этот ток велик и достаточен для срабатывания реле. При этом контакты *2—3* включают лампу фотоувеличителя *ЛФУ*, а контакты *4—5* соединяют выпрямитель с остальной частью схемы. Поскольку при

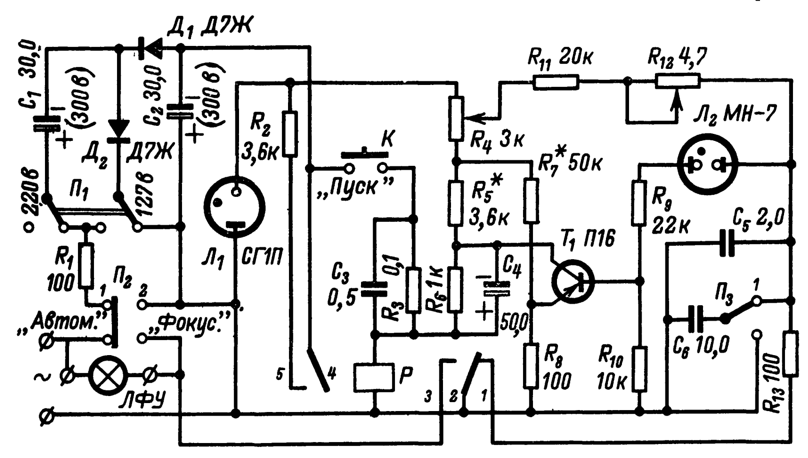


Рис. 47. Схема реле времени с транзистором.

этом транзистор T_1 оказывается запертым, через обмотку реле *Р* проходит ток, величина которого определяется резисторами R_4, R_5 и R_6. Последние выбираются так, чтобы якорь реле после окончания заряда конденсатора C_3 и прекращения пускового тока оставался притянутым. Для лучшего запирания транзистора в цепь его эмиттера включен резистор R_8.

В момент, когда напряжение на конденсаторе C_5 достигнет потенциала зажигания неоновой лампы $Л_2$, ток разряда этого конденсатора пройдет по цепи эмиттер — база транзистора. Вследствие этого транзистор откроется и его коллекторная цепь зашунтирует цепь питания электромагнитного реле. Напряжение на обмотке реле упадет почти до нуля, и реле отпустит якорь.

Так как запуск схемы был произведен через конденсатор C_3, который, зарядившись, перестал пропускать ток, выключение реле *Р* произойдет и при нажатой кнопке *К*. Разряд конденсатора перед повторным действием происходит через резистор R_3 после размыкания пускового контакта.

Для включения лампы фотоувеличителя на продолжительное время служит переключатель $П_2$, который в этом случае переводится в положение *2*. Если это проделано до окончания отсчета выдержки, то работа схемы после возвращения переключателя в прежнее положение не возобновляется и лампа фотоувеличителя оказывается выключенной.

Величина отсчитываемой выдержки плавно изменяется переменным резистором R_{12}. При увеличении с помощью переключателя $П_3$ зарядной емкости диапазон выдержек пропорционально изменяется. Изменение емкости в целое число раз позволяет производить установку выдержек по одной общей шкале, соответственно умножая ее показания.

При данных, указанных на схеме, диапазоны выдержек составляют от 0,25 до 15 *сек* и от 1,5 до 90 *сек*. Расширение диапазонов может быть достигнуто регулировкой потенциометра R_4, изменяющего зарядное напряжение. Однако из-за снижения точности отсчета этого делать не рекомендуется, и основным назначением потенциометра R_4 следует считать корректировку шкалы при наладке схемы и разрядной лампы $Л_2$.

Величина тока через разрядную лампу $Л_2$ в данной схеме весьма мала. Для надежного срабатывания достаточен ток всего лишь 0,5—1 *ма*. Это значительно расширяет выбор газоразрядных приборов и способствует повышению стабильности их работы. Кроме указанной неоновой лампы типа МН-7, могут быть использованы любые другие неоновые лампы и стабилитроны при условии, что потенциал их зажигания не превышает 100—120 *в*.

Резистор R_9, включенный последовательно с лампой $Л_2$, ограничивает ток через нее, одновременно увеличивая время прохождения этого тока. Последнее оказывается важным, и уменьшение сопротивления не повышает надежности срабатывания. Повышение запаса надежности работы устройства достигается включением в цепь электромагнитного реле конденсатора C_4, который при открывании транзистора создает встречный ток через обмотку реле, что способствует более быстрому спаду рабочего тока.

Рабочий ток и напряжение на обмотке применяемого электромагнтного реле не должны значительно превышать соответствующих допустимых значений для данного типа транзисторов. В описываемой схеме использовано реле типа РЭС-9 с током срабатывания 40 *ма*.

Упрощенный вариант схемы с использованием распространенного реле типа РСМ-2 приведен на рис. 48. В отличие от схемы на рис. 47 пусковые контакты K здесь должны быть разомкнуты до

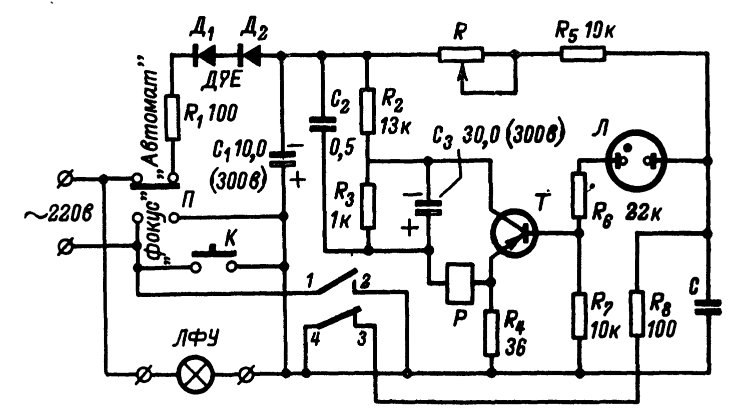


Рис. 48. Схема упрощенного реле времени с транзистором.

окончания отсчета выдержки. Параметры времязадающей цепи и газоразрядного прибора *Л* на этой схеме не указаны. Здесь можно использовать любой газоразрядный прибор с потенциалом зажигания до 200—250 *в*. Емкость зарядного конденсатора *C* может быть выбрана в пределах 1—30 *мкф*. Необходимая при этом величина зарядного резистора *R* при заданном максимальном значении выдержки определяется по следующей формуле:

$$R = \frac{0{,}43t}{C \lg \frac{U_0}{U_0 - U_з}},$$

где t — время, *сек*; R — сопротивление, *Мом*; C — емкость, *мкф*; U_0 — выпрямленное напряжение, *в*; $U_з$ — потенциал зажигания лампы *Л*, *в*.

Реле времени повышенной стабильности на транзисторах

Существует интересный способ повышения стабильности реле времени, основанный на использовании особенности процесса перезаряда конденсатора (рис. 49).

В левом (по схеме) положении переключателя конденсатор C заряжается через небольшое сопротивление резистора R_1 от источника с напряжением E. Можно считать, что напряжение на конденсаторе в конце заряда равно U_C. После перевода переключателя в правое положение образуется цепь перезаряда конденсатора, составленная из резистора R и источника. Полярность его напряжения и напряжения на конденсаторе теперь не совпадает, вследствие этого конденсатор постепенно перезаряжается. Вначале напряжение u_C на нем уменьшается до нуля и затем растет (по абсолютной величине), стремясь к значению E.

Спад напряжения хотя и происходит быстрее, чем при обычном разряде, но экспоненциальная зависимость его от времени сохраняется:

$$u_C = -E + (U_C + E)\, e^{-\frac{t}{RC}}.$$

При этом оказывается, что для полного разряда конденсатора (т. е. до момента, когда u_C равно нулю) необходимо время

$$t = RC \ln(1 + U_C/E).$$

В случае равенства напряжений U_C и E (без учета их знака) этот промежуток времени становится равным

$$t_0 = RC \ln 2 \approx 0{,}7RC$$

и, таким образом, от величины напряжения источника не зависит.

Некоторая трудность реализации этого способа связана с необходимостью достаточно точно фиксировать момент перехода напряжения на конденсаторе через нуль. Эта задача удачно решается при использовании транзисторной схемы типа мультивибратора, в котором имеют место такого рода процессы перезаряда. Простой вариант подобной схемы реле времени изображен на рис. 50.

При постановке переключателя $П_2$ в верхнее по схеме положение один из конденсаторов C_1—C_3 заряжается через базовую цепь транзистора T_1, диод $Д_1$ и резистор R_1. После окончания тока в этой цепи напряжение на коллекторе транзистора T_1 повышается и транзистор T_2 в дальнейшем остается отпертым, хотя его коллекторная цепь незамкнута.

С момента нажатия пусковой кнопки K напряжение питания поступает к обмотке электромагнитного реле P вначале по контактам кнопки, а после их размыкания через открытый транзистор T_2 и контакты самого реле. При этом отрицательный полюс конденсатора C_1 оказывается соединенным с общим положительным проводом схемы и происходит процесс перезаряда. Скорость его и, следовательно, продолжительность выдержки устанавливаются переменным резистором R_2.

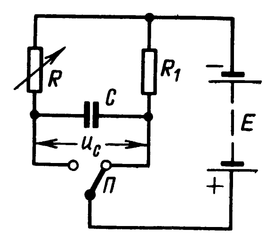


Рис. 49. Принципиальная схема включения конденсатора для перезаряда.

Напряжение заряда конденсатора C_1 приложено, кроме того, к диоду $Д_1$, причем в такой полярности, что диод и транзистор T_1 до момента перемены знака этого напряжения остаются запертыми. Ток в их цепи появляется при перезаряде конденсатора C_1 до некоторого напряжения, определяемого характеристиками диода и транзистора (примерно 0,1—0,3 *в*). Благодаря наличию между транзисторами T_1 и T_2 положительной обратной связи за счет конденсатора C_1 и резистора R_6 этот ток даже при незначительной его величине вызывает лавинообразный процесс смены состояний транзисторов. Реле P при этом выключается и его якорь и контакты возвращаются в исходное положение. Ток в цепи заряда конденсатора C_1, однако, продолжается еще некоторое время. Поэтому во избежание повторного срабатывания реле P его обмотка блокируется через замкнутые контакты пусковой кнопки.

Стабильность отсчета выдержек при данной схеме реле времени почти полностью определяется стабильностью параметров (емкости и тока утечки) времязадающих конденсаторов C_1—C_3. Ток утечки ускоряет процесс перезаряда и при значительной величине ограничи-

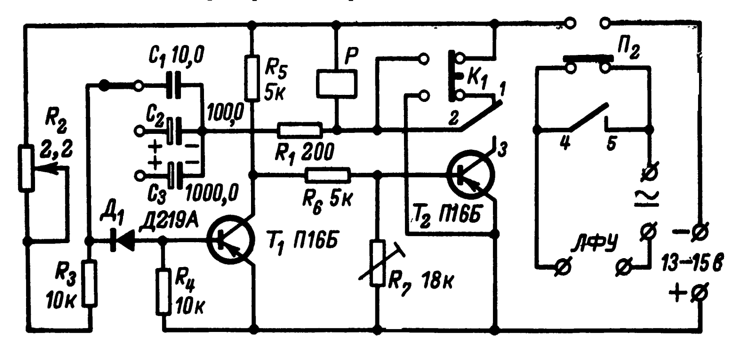


Рис. 50. Схема транзисторного реле времени повышенной стабильности.

вает максимальную продолжительность выдержки. Однако устойчивость срабатывания в отличие от других схем при этом не ухудшается. Влияние на скорость перезаряда обратных токов коллекторного и эмиттерного переходов транзистора T_1 предотвращается включением диода $Д_1$ с высоким обратным сопротивлением.

Достаточно высокая стабильность выдержек обеспечивается при использовании электролитических конденсаторов с малыми токами утечки. Пригодны герметизированные конденсаторы типа КЭГ, ЭГЦ и особенно ЭТО. Применение таких конденсаторов позволяет за счет увеличения емкости существенно расширить рабочий диапазон выдержек. В данной схеме он разбит на три участка: *I* — до 15 *сек;* *II* — 1 *сек*—2 *мин;* *III* — 10 *сек*—20 *мин.* Наличие последнего поддиапазона дает возможность использовать реле времени и при лабораторной обработке фото- и киноматериалов.

Мощность, потребляемая устройством по цепи питания, невелика. Ток покоя составляет не более 2—3 *ма;* мощность, расходуемая во время работы, зависит от параметров электромагнитного реле. Выбор последнего некритичен, и могут быть применены реле (желательно малоинерционные) с током срабатывания до 40—50 *ма* и рабочим напряжением от 10 до 30 *в.* В данной конструкции использовано реле типа ОР-13, имеющее ток срабатывания 30 *ма* при напряжении 12 *в.*

Рабочее напряжение обмотки реле определяет и необходимое напряжение источника питания. При использовании низковольтных реле целесообразно использовать гальванические или аккумуляторные батареи. Такой способ питания во многих случаях более удобен. Возможно питание и от электросети с помощью выпрямителей. Важно лишь, чтобы перепады напряжения на выходе источника при срабатывании реле были невелики. Для уменьшения их параллельно выходу источника питания можно включить балластный резистор, коммутируемый свободной группой контактов реле.

Реле времени на электронной лампе

На рис. 51 приведена схема реле времени на электронной лампе, выпускавшегося нашей промышленностью. Реле времени конструктивно объединено с фонарем освещения фотолаборатории. Освети-

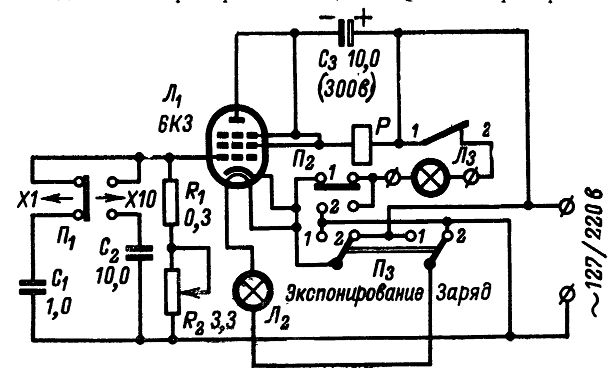


Рис. 51. Схема реле времени на электронной лампе.

тельная лампа $Л_2$ фонаря одновременно служит гасящим сопротивлением и включается в электросеть последовательно с нитью накала электронной лампы $Л_1$. При напряжении электросети 127 *в* используется осветительная лампа 127 *в* на 40 *вт*, а при 220 *в* — лампа 220 *в* на 60 *вт*.

Управление работой прибора производится при помощи переключателей $П_2$ и $П_3$. В положении *2* переключателя $П_3$ конденсатор C_1 включен в электросеть последовательно с участком сетка — катод лампы $Л_1$ и заряжается сеточным током до амплитудного значения сетевого напряжения. Лампа фотоувеличителя $Л_3$ при этом не горит (если переключатель $П_2$ находится в положении *1*).

Началу отсчета выдержки соответствует момент перевода переключателя $П_3$ в положение *1* (*Экспонирование*). При этом лампа $Л_1$ оказывается запертой отрицательным напряжением на конденсаторе C_1, а электромагнитное реле *Р* в анодной цепи лампы выключенным. Лампа фотоувеличителя $Л_3$ включается в электросеть через нормально замкнутые контакты *1* и *2* реле *Р* и контакты переключателей $П_2$ и $П_3$. Конденсатор C_1 начинает разряжаться через резисторы R_1 и R_2.

Продолжительность горения лампы $Л_3$ определяется временем разряда конденсатора C_1 до напряжения, при котором в анодной цепи лампы $Л_1$ возникает ток, достаточный для срабатывания электромагнитного реле. Якорь реле *Р* притягивается, и его контакты *1* и *2* выключают лампу $Л_3$. Для подготовки схемы к следующему экспонированию переключатель $П_3$ возвращают в положение *2* (*Заряд*). Лампа $Л_3$ при этом может быть включена для установки кадра и фокусировки. Для этого переключатель $П_2$ переводится в положение *2*.

Скорость разряда конденсатора C_1 и, следовательно, длительность выдержки регулируются переменным резистором R_2. Ручка этого резистора снабжена шкалой с равномерно расположенными делениями от 0,5 до 10 *сек*. При включении переключателем $П_1$ конденсатора C_2 выдержка увеличивается пропорционально изменению зарядной емкости в цепи управляющей сетки лампы $Л_1$, т. е. в 10 раз.

Достоинством описанного реле времени является простота его схемы. Однако отсутствие стабилизации питающего напряжения делает выдержку в значительной степени зависящей от изменения сетевого напряжения. Ввиду этого шкала резистора R_2 может служить только для ориентировки в установке выдержек и гарантируется лишь более или менее точное повторение их.

Электромагнитное реле, применяемое в подобных схемах, должны быть достаточно чувствительными с током срабатывания 10—15 *ма*.

Реле времени с двойным управлением выдержкой и индикацией ее отсчета

В ряде использований реле времени возникает необходимость в нескольких независимых органах управления выдержкой. При проекционной фотопечати находят, например, применение реле времени, отсчитываемая выдержка у которых автоматически изменяется при смене масштаба увеличения. Такие устройства оказываются весьма удобными при изготовлении серии отпечатков разного формата

с одного или нескольких однотипных по сюжету и плотности негативов.

Длительность выдержки в этом случае определяется при каком-либо одном значении масштаба увеличения и задается одним из органов ее установки. Второй орган связан с механизмом подъема фотоувеличителя и изменяет выдержку пропорционально квадрату увеличения независимо от ее первоначально установленной величины. Пределы изменения выдержки каждым из органов управления оказываются достаточно широкими, и использование простейших времязадающих цепей (как это имеет место во всех рассмотренных реле времени) затруднено.

Такая задача может быть решена с использованием линеаризирующих схем на электронных лампах или полевых транзисторах. Помимо нужного характера регулировки выдержки такие схемы дают возможность уменьшить емкость накопительных конденсаторов и обеспечивают меньшую зависимость выдержки от изменений напряжения питания. Применение электронных ламп хотя и сопряжено с усложнением схемы (ввиду необходимости в источнике питания накала), но пока остается предпочтительным в силу их широкого распространения и более высокой электрической прочности.

Времязадающая часть реле времени, рассматриваемого далее, выполнена по схеме интегратора с анодно-сеточной обратной связью (рис. 52). Особенностью такого каскада является зависимость напряжения на аноде лампы $u_а$, помимо прочих факторов, от времени действия управляющего напряжения $U_у$. Конечными пределами изменения $u_а$ являются значения напряжения питания $E_а$ и остаточного напряжения, зависимого от параметров лампы.

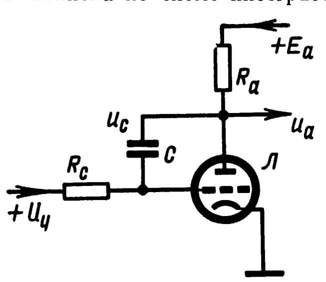


Рис. 52. Принципиальная схема интегратора.

В схемах отсчета времени чаще используется режим, при котором конденсатор C, предварительно заряженный до напряжения $E_а$, разряжается через резистор $R_с$ в сеточной цепи лампы. Падение напряжения на резисторе, алгебраически суммируясь с напряжением $U_у$, управляет током лампы и вызывает изменения напряжения на ее аноде, препятствующие разряду конденсатора. Благодаря этому процесс замедляется, а ток разряда остается почти во всем его течении постоянным по величине. Это и обусловливает линейный характер спадания напряжений u_c и $u_а$. Скорость их спадания определяется постоянной времени $R_сC$ и пропорциональна разности управляющего напряжения $U_у$ и напряжения на сетке лампы, которое в ходе разряда близко к напряжению отсечки анодного тока — $E_{с0}$, т. е.

$$v \approx \frac{U_у + E_{с0}}{R_сC}.$$

В обычной времязадающей цепи такая скорость имела бы место в начале разряда конденсатора с увеличенной емкостью

$$C_{экв} = CSR_а \approx CK,$$

заряженного до напряжений

$$U_{\text{экв}} = (U_{\text{у}} + E_{\text{c0}}) S R_{\text{а}},$$

где S — крутизна лампы; K — коэффициент усиления каскада.

При достаточно высоких значениях $U_{\text{у}}$ (в сравнении с E_{c0}) скорость разряда и время, необходимое для спадания $u_{\text{а}}$ до заданного значения $U_{\text{з}}$,

$$t \approx \frac{E_{\text{а}} - U_{\text{з}}}{U_{\text{у}} + E_{\text{c0}}} R_{\text{c}} C$$

оказываются мало зависимыми от изменения параметров лампы. При условии, что $U_{\text{у}}$ и $U_{\text{з}}$ составляют неизменную часть $E_{\text{а}}$, слабо отражается и изменение напряжения источника питания. Это является преимуществом использования линеаризующей схемы, однако в данном случае более полезна возможность глубокой регулировки выдержки путем изменения напряжения $U_{\text{у}}$.

Особенностью рассматриваемой схемы реле времени (рис. 53) является также применение в интеграторе электронно-оптического индикатора $Л_2$ типа 6Е1П (или 6Е5С). Изменение напряжения ано-

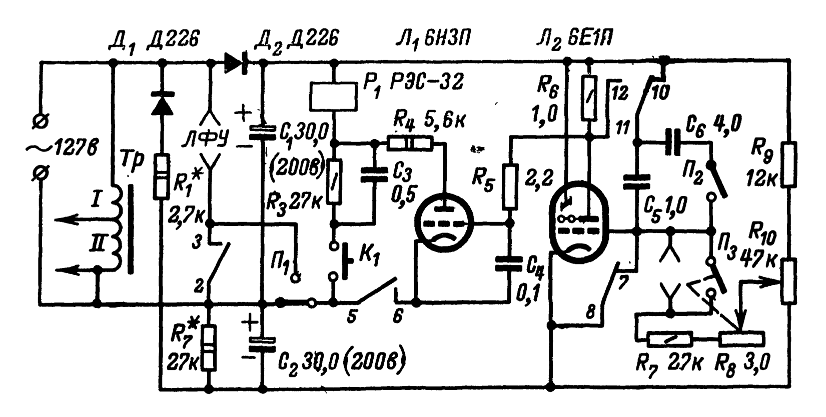


Рис. 53. Схема лампового реле времени с двойным управлением выдержкой и индикацией ее отсчета.

да его триодной части в процессе отсчета выдержки приводит к изменению ширины светлого (для 6Е5С — темного) сектора, что позволяет судить о том, какая часть выдержки истекла или осталась до ее окончания. Такая индикация оказывается полезной при длительных выдержках, а также в тех случаях, когда в их течении производится затемнение части печатаемого изображения.

Управление работой электромагнитного реле P_1 осуществляется с помощью электронной лампы $Л_1$ типа 6Н3П, два триода которой соединены параллельно. После замыкания на короткое время пусковой кнопки K_1 якорь реле удерживается током, протекающим через лампу, и возвращается в исходное положение при спадании напря-

жения на аноде лампы $Л_2$ примерно до 70 *в*. Желательно применение высокоомного реле с возможно меньшим током удержания, хотя данная схема допускает довольно широкий его выбор и рассчитана на реле с токами срабатывания и удержания соответственно 20 и 10 *ма* и сопротивлением обмотки 800 *ом*.

Отрицательное смещение в сеточной цепи лампы $Л_1$, необходимое для отсечки ее анодного тока, обеспечивается за счет соединения катода со средней точкой выпрямительной схемы. Одновременно это преследует цель снижения напряжения питания лампы $Л_1$ и уменьшения расходуемой мощности. Включение в цепь диода $Д_2$ резистора R_1 позволяет снизить до требуемой величины (не более 250 *в*) питающее напряжение лампы $Л_2$ и выбрать значение напряжения срабатывания схемы.

При использовании электромагнитного реле с малым потреблением тока положительное смещение в катоде лампы $Л_1$ может создаваться с помощью делителя напряжения, составленного из резисторов, а питание схемы осуществляется только одним выпрямителем. Автотрансформатор *Тр*, обеспечивающий питание накала ламп, выполнен на сердечнике сечением 6 $см^2$ и содержит последовательно соединенные обмотки из 1 425 и 75 витков, намотанные проводом ПЭВ 0,21 и ПЭВ 0,62.

Установка величины отсчитываемой выдержки производится переменным резистором R_8 и потенциометром регулировки управляющего напряжения R_{10}. При обычном использовании реле времени обе регулировки примерно равноценны, поскольку пределы второй из них также достаточно велики (от 1 до 50—60 раз). Шкала одного из этих органов градуируется в единицах времени, второго — в относительных единицах, показывающих изменение отсчитываемой выдержки. Максимальная продолжительность выдержки при величинах, указанных на схеме, 10 *мин*.

В случае использования прибора в автоматизированном режиме установки выдержки для сопряжения с механизмом подъема фотоувеличителя более пригоден резистор R_8. Влияние его на продолжительность выдержки зависит только от закона изменения его сопротивления с поворотом оси, т. е. оно линейно для потенциометра типа А. Практически удобно дублировать резистор R_8 таким же резистором, помещенным на фотоувеличителе и включаемым в гнезда, размыкаемые выключателем на оси первого из них.

Однако расчет и изготовление сопрягающего механизма, конструкция которого зависит от типа подъемного механизма фотоувеличителя, могут представить определенные трудности. Возможен компромиссный вариант, дающий меньшие удобства, но легко выполнимый. Он состоит в том, что шкала резистора R_8 градуируется в единицах масштаба увеличения или линейного размера проецируемого изображения. Такая градуировка выполняется по отсчитываемой выдержке на основании расчетов, легко проверяемых на практике. Масштаб увеличения при печати определяется либо по соответствующей шкале, которой снабжаются фотоувеличители некоторых типов, либо по одному из линейных размеров фотокадра (полному, без учета кадрирования).

Первоначальный подбор выдержки при дальнейшем пользовании прибором производится выбором положения ручки потенциометра R_{10}. Ручка резистора R_8 должна быть предварительно установлена в положение, соответствующее выбранному масштабу увеличения.

Импульсное устройство для фотопечати

По своему назначению с реле времени сходно импульсное осветительное устройство, схема которого приведена на рис. 54. Источником света здесь служит импульсная лампа $Л_3$. Применение ее резко сокращает время, затрачиваемое на экспонирование, и позволяет производить печатание в отсутствие электросети.

Световая энергия вспышки регулируется в широких пределах, что дает возможность получать как малые, так и значительные экспозиции. Экспозиция при вспышке с энергией 36 *дж* по действию на фотобумагу примерно соответствует освещению в течение 15—20 *сек* лампой накаливания 70 *вт*.

Установка необходимой экспозиции в данной схеме достигается изменением емкости накопительного конденсатора, что, как известно, примерно пропорционально изменяет световую энергию вспышки. С этой целью схема содержит несколько конденсаторов (C_2—C_8) различной емкости, включаемых в той или иной группировке выключателями $Вк_2$—$Вк_7$.

Емкости и количество конденсаторов могут отличаться от указанных на схеме. Несущественна и суммарная емкость, получаемая

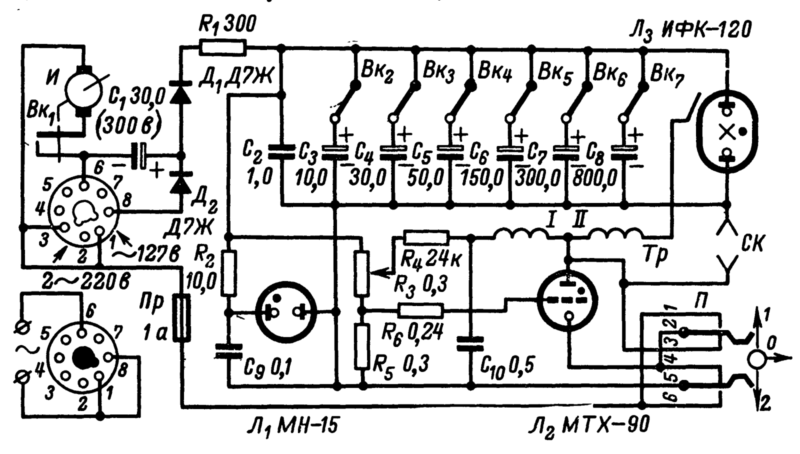


Рис. 54. Схема импульсного устройства для фотопечати.

при включении всех конденсаторов, так как увеличение экспозиции может быть достигнуто за счет увеличения числа вспышек. Важно лишь, чтобы суммарная емкость не превышала номинальную для лампы ИФК-120 величину 2 500 *мкф*, а разница в емкостях конденсаторов обеспечивала выбор экспозиции при наименьшем общем числе выключателей.

Заряд конденсаторов производится от батарей или ручного электрогенератора *И* (индуктора от телефонного аппарата). Напряжение, вырабатываемое им, выпрямляется однополупериодным выпрямителем с удвоением напряжения (диоды $Д_1$, $Д_2$ и конденсатор C_1). Этот же выпрямитель используется и при питании от элек-

тросети с напряжением 127/220 *в*. Переключения в выпрямителе и соединение его с электросетью производятся при помощи штепсельного разъема, изготовленного из ламповой панельки и цоколя от лампы. При вставлении цоколя в панельку в положении *1* напряжение электросети подается на гнездо *6* и на замыкаемые между собой гнезда *1* и *8*. Выпрямитель при этом оказывается включенным по схеме удвоения. Это же положение соответствует и питанию от внутреннего генератора. Включение его происходит автоматически при вращении ручки, связанным с ней выключателем $Вк_1$. При питании от электросети 220 *в* и батарей цоколь должен находиться в панельке в положении *2*.

Неоновая лампа $Л_1$ является индикатором напряжения на конденсаторах. Резистор R_2 подбирается для получения желаемой частоты вспыхивания этой лампы.

Для управления работой устройства служит переключатель *П* на три положения, в качестве которого использован телефонный ключ. При замыкании контактов *1* и *2* через оставшиеся замкнутыми контакты *4* и *5* включается питающее напряжение и начинается заряд накопительных конденсаторов C_2—C_8.

Поджиг импульсной лампы $Л_3$ производится автоматически при заряде конденсаторов до определенного напряжения. С этой целью в цепь первичной обмотки *I* импульсного трансформатора *Тр* включен безнакальный тиратрон $Л_2$, пропускающий ток разряда конденсатора C_{10}. Напряжение на этом конденсаторе является частью общего напряжения и зависит от положения движка потенциометра R_3. Изменяя положение движка, можно выбирать момент зажигания тиратрона и импульсной лампы, плавно регулируя (в некоторых пределах) энергию вспышки и получаемую экспозицию. Применение такой схемы зажигания импульсной лампы позволяет стабилизировать мощность вспышек и получать автоматическое повторение их. Частота следования вспышек определяется временем заряда накопительных конденсаторов и зависит от их емкости.

При размыкании выключателей $Вк_2$—$Вк_7$ остается включенным конденсатор C_2. При заряде его от электросети частота повторения вспышек достигает 20—25 *гц* и в некоторых пределах регулируется потенциометром R_3. Этот режим работы импульсной лампы используется при наводке изображения на резкость.

В некоторых случаях более удобно предварительно заряжать накопительные конденсаторы до напряжения источника питания и в нужный момент производить вспышку. Для заряда используется положение *2* переключателя *П*. Вспышка происходит в момент воз-

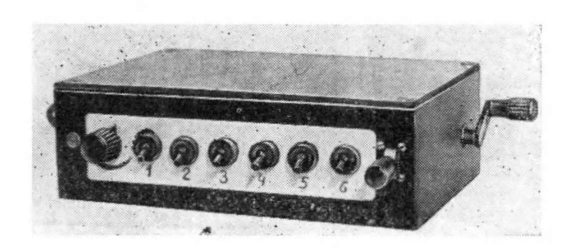


Рис. 55. Внешний вид импульсного устройства для фотопечати.

вращения ручки переключателя в среднее положение. Замыкание в цепи поджига лампы $Л_3$ происходит через контакты *3—4* и *4—5*. Тиратрон $Л_2$ при этом в работе схемы не участвует.

Устройство может быть использовано и при репродукционной фотосъемке. Для этого с анодом тиратрона и общим «минусовым» проводом соединены дополнительные гнезда *СК*, служащие для включения синхроконтактов фотоаппарата. Переключатель *П* при этом должен находиться в положении *2*.

Внешний вид описываемого устройства показан на рис. 55. При монтаже его в металлическом ящике надо тщательно изолировать схему и корпуса электролитических конденсаторов от соприкосновения со стенками ящика. Расположение лампы ИФК-120 в фотоувеличителе может быть различным. Хорошие результаты получаются при горизонтальном расположении лампы, так чтобы трубки ее находились одна над другой.

Действие вспышки на светочувствительный слой фотобумаги несколько отличается от действия непрерывного света. Вследствие этого подбор фотобумаги к имеющимся негативам надо производить путем предварительных проб. При этом же определяется и сочетание положений выключателей, необходимое для получения желаемых результатов.

Глава четвертая

ПРИБОРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПОНИРОВАНИЯ ПРИ ФОТОПЕЧАТИ

Определение экспозиции при фотопечати

Использование при фотопечати реле времени, автоматизирующих отсчет выдержки, не избавляет, однако, от необходимости определения ее величины обычным путем — посредством пробных отпечатков. Между тем с помощью электронных приборов можно упростить и эту операцию, а в ряде случаев автоматизировать целиком весь процесс экспонирования. Затраты времени и расход фотоматериалов при этом резко сокращаются, а внимание фотографа может быть полностью сосредоточено на решении задач творческого характера.

Следует все же учесть, что плотность фотоотпечатка и, следовательно, выбор для него экспозиции в какой-то мере относятся к числу изобразительных средств фотографии (простейшим примером этому может служить получение так называемых «ночных эффектов» путем передержки при печати). И нельзя ожидать, что экспозиция при автоматическом действии окажется соответствующей творческим замыслам фотографа или по крайней мере наиболее подходящей для данного сюжета фотоснимка. Такого рода требования также могут найти отражение, но при условии введения соответствующих данных в программу действия электронного устройства.

Вопросы определения необходимой экспозиции оказываются довольно сложными, и конструирование приборов такого назначения невозможно без учета хотя бы основных законов, определяющих

фотографическую экспозицию. Прежде всего следует уточнить понятия экспозиции и выдержки. Под первым понимают общее количество освещения, воздействовавшее на фотоэмульсию, т. е. произведение освещенности на время действия света. Математически это выражается как

$$H=Et,$$

где H — экспозиция, *лк · сек*; E — освещенность, *лк*; t — время, *сек*.

В то же время понятие выдержки означает лишь продолжительность времени, в течение которого происходило экспонирование.

Часть светового потока, излучаемого источником, при экспонировании проходит через негатив и вызывает то или иное потемнение светочувствительного слоя фотобумаги. Отдельные участки негатива по-разному ослабляют световой поток, составляя так называемый интервал экспозиций, который зависит от контрастности негатива и должен соответствовать интервалу применимых экспозиций данной фотобумаги.

Степень воздействия света на фотобумагу зависит от ее светочувствительности. Последняя измеряется величиной, обратной экспозиции, которая необходима для получения средней плотности потемнения отпечатка:

$$S=100/H_{\text{ср}},$$

где S — светочувствительность, ед. ГОСТ; $H_{\text{ср}}$ — экспозиция, *лк · сек*.

Распространенное мнение, что номер контрастности фотобумаги выражает и ее чувствительность, не совсем верно. Поэтому градуировку различных электронных устройств, предназначенных для определения экспозиции, по номерам контрастности производить нельзя.

Таблица 4

Светочувствительность различных сортов фотобумаги

Номер контрастности	Унибром, ед. ГОСТ	Бромпортрет, ед. ГОСТ	Контабром, ед. ГОСТ	Фотоконт, ед. ГОСТ
1	1—8	Не ниже 2	Не ниже 0,4	0,4
2	2—9	То же	То же	0,4
3	3—10	» »	» »	0,4
4	3—10	» »	» »	0,2
5	3—10	» »	» »	0,2
6	0,5—2,5	» »	» »	0,05
7	0,5—2,5	» »	» »	0,05

Как видно из табл. 4, несоответствия по чувствительности возможны даже в пределах одного сорта. Тем более неправильно сравнивать подобным образом фотобумаги различных сортов.

Практически значения светочувствительности фотобумаг оказываются сосредоточенными в более узких пределах. Такие данные, выраженные в виде относительной светочувствительности (в сравнении с наименее чувствительной фотобумагой Иодоконт), приведены в табл. 5. Одновременно в этой таблице указаны значения полезной

Таблица 5

Основные характеристики фотобумаг

Сорт бумаги	Полезная широта $L=\lg\frac{H_{макс}}{H_{мин}}$ и относительная светочувствительность S_0 для каждого условного номера													
	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		№ 6		№ 7	
	L	S_0	L	S_0	L	S_0	L	S_0	L	S_0	L	S_0	L	S_0
Унибром	1,6—1,8	25	1,3—1,5	25	1,1—1,2	25	0,9—1,0	25	0,7—0,8	25	0,5—0,6	13	0,3—0,4	13
Бромпортрет	—	—	1,4—1,6	10	1,2—1,3	10	1,0—1,1	8	—	—	—	—	—	—
Фотобром	—	—	—	—	1,1—1,2	20	0,9—1,0	15	0,7—0,8	15	—	—	—	—
Фотоконт	—	—	—	—	1,1—1,2	5	0,9—1,0	2,5	0,7—0,8	2,5	0,5—0,6	2,5	0,3—0,4	2,5
Контабром	—	—	1,4—1,6	2	1,2—1,3	2	1,1—1,2	2	—	—	—	—	—	—
Иодоконт	1,6—1,8	1	1,4—1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

широты фотобумаг (интервала применимых экспозиций $H_{макс}$ и $H_{мин}$, создаваемых отдельными участками негатива). Такие данные также оказываются полезными и при наличии фотоэлектронного устройства могут облегчить подбор фотобумаги к негативам.

Однако фабричные данные о светочувствительности на выпускаемой фотобумаге обычно не приводятся, может быть неизвестен и характер влияния на светочувствительность используемого проявителя. Исходя из этого, электронные экспонометры должны иметь корректирующий орган для учета реальных условий фотопечати. Последние легко выявляются при изготовлении нескольких пробных отпечатков на фотобумаге данного сорта.

Такая постановка вопроса значительно упрощает определение выдержки. Действительно, при смене негативов или изменении яркости источника света изменяется и освещенность фотобумаги. В случае проекционной фотопечати подобное действие оказывает и смена масштаба увеличения. Измеряя освещенность при пробном и последующих экспонированиях, можно судить и о величинах необходимых выдержек. Так, если нужные результаты были получены при освещенности E_1 и выдержке t_1, то новая выдержка t_2 при иной освещенности E_2 будет:

$$t_2=\frac{E_1}{E_2}t_1.$$

Например, увеличение освещенности в 2 раза требует уменьшить в 2 раза выдержку, чтобы величина экспозиции осталась без изменения.

Однако указанная зависимость довольно точно выдержи-

вается лишь в ограниченном диапазоне изменения освещенности. При малых значениях последней величина необходимой выдержки увеличивается непропорционально. Оказывается, что потемнение, вызываемое действием света, зависит не только от общего количества его, но и от того, с какой интенсивностью производилось это освещение.

Приближенно можно считать, что с понижением освещенности светочувствительность фотобумаг падает, и тогда необходимо большее количество освещения (большая экспозиция) для создания прежней плотности потемнения. Величина необходимой выдержки в зависимости от изменения освещенности может быть найдена из выражения

$$t_2 = t_1 \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\frac{1}{p}},$$

где p — показатель, зависящий от свойств фотоэмульсии и освещенности при фотопечати (величина p уменьшается с повышением контрастности фотобумаги и может быть в пределах 1—0,65).

Практически влияние этого эффекта очень сильно сказывается при печати слабым светом на контрастных фотобумагах и менее заметно для нормальных и мягких фотобумаг. В этом случае достаточно считать величину p изменяющейся вместе с освещенностью от 1 до 0,9—0,8. Если при печати с плотных негативов каким-либо образом поддерживать неизменной, хотя бы примерно, освещенность фотобумаги, то влияние описанного эффекта исчезает. В подобных случаях определение выдержки или градуировку шкал электронных приборов можно производить, принимая показатель p в приведенных выражениях равным 1.

С учетом светочувствительности фотобумаги, а также других факторов, влияющих на продолжительность выдержки, зависимость ее принимает следующий вид:

$$t_2 = \frac{k_1 k_2 \cdot 100}{SE},$$

где k_1, k_2 — множители, учитывающие влияние проявителя и методику измерения освещенности.

Все эти факторы независимы, но практически при фотопечати они могут быть учтены с помощью одного корректирующего органа. Он может входить либо в экспонометр, либо в реле времени, используемое для отсчета найденной выдержки. Важно лишь, чтобы воздействие данной регулировки на величину определяемой или отсчитываемой выдержки оставалось неизменным при различной освещенности и изменяло ее в одно и то же число раз независимо от первоначальной величины.

Методика измерения освещенности с помощью электронных устройств может быть различной. Для получения хорошего отпечатка необходимо, чтобы максимально возможное потемнение фотослоя соответствовало наиболее прозрачным местам негатива. Ввиду этого замеры освещенности должны происходить именно в этих его точках. Разумеется, что последние должны выбираться в сюжетно важных участках фотокадра. Подобные измерения обеспечивают

наиболее точное определение необходимых выдержек (при условии, что по контрастности новый негатив мало отличается от предыдущего и используемая фотобумага пригодна для него).

Достаточно хорошие результаты, особенно при печати негативов с однообразными сюжетами, могут быть получены и при ориентировке выдержки на интегральную освещенность участка или всей площади фотокадра. Последний способ измерения освещенности привлекателен тем, что в этом случае отпадает надобность выбора точки или места измерения, благодаря чему легче осуществить полную автоматизацию работы электронного устройства.

Принцип действия электронных приборов, применяемых в таких целях при фотопечати, сводится, таким образом, к измерению освещенности и передаче этих данных каким-либо путем на времязадающий орган схемы отсчета выдержки. Характер этой связи и определяет различия в схемах приборов подобного назначения.

Схемы измерения освещенности и отсчета выдержки могут быть полностью независимыми — отдельные экспонометр и реле времени. В этом случае связь между ними осуществляется вмешательством оператора, считывающего и устанавливающего показания по раздельным шкалам прибора. Обязательное наличие таких градуированных шкал является как преимуществом, так и недостатком данного способа построения приборов. Градуировка шкалы экспонометра несколько затруднительна, но может быть выполнена практическим путем с учетом всех реальных условий фотопечати. Кроме того, такой экспонометр легче использовать для измерения контрастности негативов.

При массовой фотопечати более удобными оказываются автоматические устройства, отсчитывающие выдержку такой продолжительности, какая требуется при данной плотности негатива. В этом случае фотоэлектрический датчик должен быть непосредственно связан с прибором отсчета выдержки, а закон изменения последней задан соответствующим построением электронной схемы. Недостатком здесь является необходимость измерения освещенности непосредственно во время экспонирования, что в ряде случаев затруднительно.

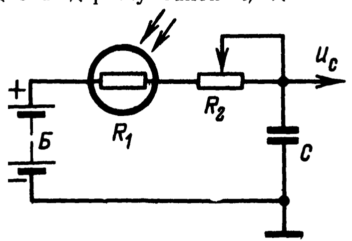


Рис. 56. Схема неправильно построенной времязадающей цепи.

В связи с этим сравнительно недавно были предложены приборы промежуточного варианта: при измерении освещенности электронное устройство «запоминает» ее величину, подготавливаясь тем самым к автоматическому отсчету выдержки. В простейшем случае такое «запоминание» может производиться путем несложных механических операций, например поворотом ручки управления в положение, определяемое индикатором. Приборы такого рода могут быть использованы для определения выдержки как по общей интегральной освещенности фотобумаги, так и по освещенности в ее отдельных точках.

При любом из этих вариантов построения приборов должно выполняться упоминавшееся условие независимости действия дополнительных регулировок выдержки. Невыполнение его создает прин-

ципиальные препятствия к нормальному функционированию схем, но тем не менее иногда имеет место в публикуемых радиолюбительских конструкциях.

Типичной ошибкой, например, является построение времязадающей цепи автоматического реле времени (экспозиметра) так, как это показано на рис. 56. Помимо фоторезистора R_1, задающего длительность выдержки в зависимости от освещенности, в цепь вводится переменный резистор R_2, предназначающийся для учета различий в светочувствительности фотобумаг.

Действительно, изменение величины R_2 позволяет изменять выдержку. Однако эти изменения велики при малых значениях R_1 и могут быть неощутимы при больших. В свою очередь зависимость выдержки от значений R_1 (т. е. от освещенности) становится непропорциональной, причем в сторону усугубления рассмотренного эффекта нелинейности в светочувствительности фотобумаг.

Тот же результат имеет место при другой часто встречающейся ошибке, которая заключается в последовательном соединении переменных резисторов запоминания выдержки и учета светочувствительности в полуавтоматических устройствах. Все это приводит к тому, что правильный отсчет или определение выдержки при смене негативов получается лишь при несущественной разнице в их плотности (или вообще в освещенности), что обычно отмечается и самими авторами.

Экспонометр с вакуумным фотоэлементом

Измерение освещенности в приборах определения выдержки может производиться различными светочувствительными датчиками. Определенные преимущества дает использование вакуумных фотоэлементов. Отличительной особенностью их является наличие линейной зависимости между световым потоком, падающим на фотоэлемент, и током, проходящим через него. Величина фототока не зависит от питающего напряжения (если последнее превышает 50—60 *в*) и определяется лишь освещенностью и чувствительностью фотоэлемента. Благодаря этому напряжение, выделяемое на нагрузочном сопротивлении, прямо пропорционально величине освещенности, что значительно облегчает расчет и градуировку экспонометров. Напряжение (в вольтах), выделяемое на нагрузке,

$$U_ф = kEFR \cdot 10^{-4},$$

где k — интегральная чувствительность фотоэлемента, *мка/лм*; E — освещенность, *лк*; F — площадь светочувствительной поверхности фотоэлемента, *см²*; R — сопротивление нагрузки, *Мом*.

Однако чувствительность вакуумных фотоэлементов весьма невысока (80 *мка/лм*). Это вынуждает использовать в нагрузках резисторы сопротивлением до 50—100 *Мом*, а измерения производить с помощью специальных усилительных схем.

На рис. 57 приведена схема экспонометра с вакуумным фотоэлементом $Л_1$. Напряжение, выделяемое на нагрузочных резисторах R_3 и R_4, подается на вход усилителя постоянного тока, собранного по мостовой схеме на двойном триоде $Л_2$. При затемненном фотоэлементе анодные токи триодов этой лампы равны между собой. Поэтому разность напряжения между анодами равна нулю и ток через стрелочный микроамперметр отсутствует.

Балансировка моста, т. е. установка стрелки микроамперметра на нуль, производится с помощью потенциометра R_6, в некоторых пределах изменяющего смещение на управляющих сетках триодов. Менее точное выравнивание анодных токов при наладке схемы может осуществляться изменением сопротивления резисторов R_5 и R_9. Однако это нежелательно и лучшие результаты получаются при подборе лампы $Л_2$ с идентичными параметрами обоих ее триодов.

Освещение фотоэлемента $Л_1$ вызывает ток в его цепи и повышение напряжения на управляющей сетке левого (по схеме) трио-

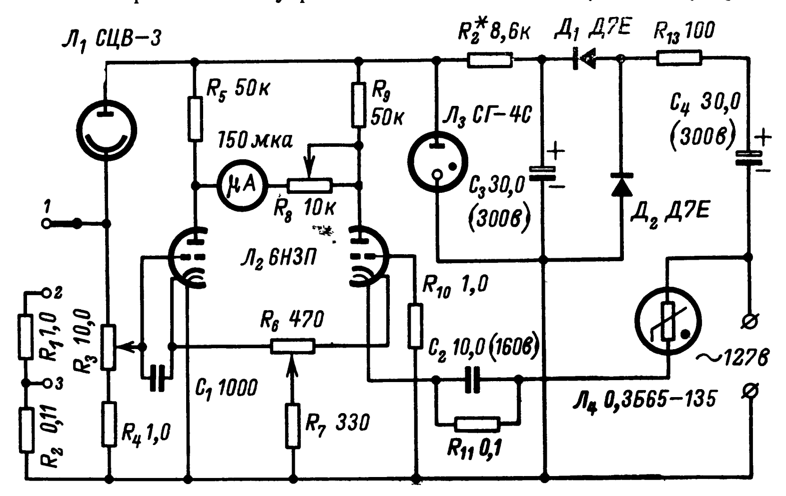


Рис. 57. Схема экспонометра с вакуумным фотоэлементом.

да лампы $Л_2$. При этом анодный ток триода увеличивается и нарушение баланса моста приводит к возникновению тока через микроамперметр. Величина этого тока пропорциональна напряжению, выделяющемуся на нагрузочных резисторах R_3 и R_4, а следовательно, и освещенности фотоэлемента.

Чувствительность всего устройства зависит от сопротивлений резисторов R_3 и R_4. Шунтируя их резисторами R_1 и R_2, можно расширять диапазон измерений в 10 и 100 раз. Применение в качестве одного из нагрузочных резисторов потенциометра R_3 позволяет изменять чувствительность схемы независимо от положения переключателя *П*. Потенциометр R_3 используется как корректирующий элемент для учета светочувствительности фотобумаги. Ручка его снабжается шкалой с равномерными делениями от 1 до 10. Для получения градуировки, пропорциональной действительным единицам светочувствительности, делению 10 должно соответствовать нижнее (по схеме) положение его ползунка. Потенциометр R_3 выполнен из переменного резистора типа СП 4,7 *Мом*. Для увеличения его сопротивления до 10 *Мом* ширина проводящего слоя на подковке уменьшается примерно до 2 *мм*.

Для получения наибольшей стабильности работы схемы питающие напряжения понижены и стабилизированы. Анодное напря-

жение с помощью стабилитрона $Л_3$ поддерживается равным 150 *в*, а ток накала лампы $Л_2$, стабилизируемый бареттером $Л_4$, обеспечивает напряжение накала примерно 5,5 *в* независимо от изменения сетевого напряжения. Применение бареттера позволяет упростить схему и улучшить ее работу. Однако возможны и другие способы питания, в частности использование трансформатора. В этом случае напряжение накала лампы $Л_2$ должно быть также 5—5,5 *в*. Понижение питающих напряжений позволяет предотвратить появление ионного тока в цепи управляющей сетки левого триода лампы $Л_2$, возможное ввиду значительных сопротивлений резисторов в цепи ее сетки.

Микроамперметр, применяемый в схеме, должен иметь шкалу на 100—200 *мка*. Для отсчета освещенности используется равномерная шкала, деления которой будут пропорциональны величинам освещенности. Величины выдержек при этом рассчитываются на основании ранее рассмотренных зависимостей.

Проверив правильность показаний прибора при нескольких различных значениях освещенности, можно построить график изменения выдержки и проградуировать шкалу микроамперметра непосредственно в единицах времени. Очевидно, такая шкала в значительной степени упрощает определение выдержки при работе с экспонометром, однако изготовление ее довольно сложно.

В описываемом экспонометре использован стрелочный микроамперметр типа ИТ от прибора ТТ-1. Применение его позволяет избежать трудностей градуировки, поскольку для отсчета величины выдержки используется шкала омметра. Зависимость выдержки от освещенности сходна с зависимостью тока от сопротивления в схеме омметра. Действительно, ток прибора $I_{пр}$ при неизменном напряжении батареи $U_б$ будет:

$$I_{пр}=U_б/(R_x+R_{доп}),$$

где R_x и $R_{доп}$ — измеряемое и дополнительное сопротивления.

В свою очередь ток прибора в схеме экспонометра пропорционален освещенности E, которая связана с выдержкой t:

$$E=H_0/t,$$

где H_0 — величина, постоянная для данной светочувствительности фотобумаги.

С учетом разницы в приведенных выражениях отсчитываемая по шкале выдержка

$$t=k(n+n_{ср}),$$

где n — показание стрелочного прибора; $n_{ср}$ — значение среднего деления на шкале (для микроамперметра ИТ равно 20); k — множитель, зависящий от общей чувствительности экспонометра.

Таким образом, при установке ручки потенциометра в положение, соответствующее данным условиям фотопечати, выдержка (в секундах) должна быть: на первом поддиапазоне $t=n+20$, на втором $t=0{,}1n+2$ и на третьем $t=0{,}01n+0{,}2$.

Определение необходимого положения ручки потенциометра R_3 производится после изготовления пробных отпечатков. Фотоэлемент располагают в наиболее светлом участке проекции фотокадра; вращая ручку потенциометра, устанавливают стрелку микроамперметра так, чтобы указываемая выдержка совпадала с наилучшими результатами для пробных отпечатков. При этом (в случае первональ-

ной наладки схемы) чувствительность может регулироваться изменением сопротивления резистора R_8.

Фотоэлемент помещается в пластмассовой коробке размерами 35×70×35 *мм* с отверстием диаметром 6 *мм*. Увеличение отверстия приводит к повышению чувствительности экспонометра, но при этом выбор нужной точки измерения освещенности затрудняется. При монтаже прибора следует учитывать, что общий «минусовый» провод имеет соединение с одним из проводов электросети. Ввиду этого все металлические детали на передней панели экспонометра должны быть надежно изолированы.

Экспонометр с фоторезистором

Значительно более высокой чувствительностью (по сравнению с вакуумными фотоэлементами) обладают фоторезисторы — полупроводниковые приборы, изменяющие величину своего сопротивления под воздействием света. Однако применение фоторезисторов в целях измерения освещенности несколько ограничивается особенностью их световых характеристик.

Как и фотоэлементы, фоторезисторы характеризуются чувствительностью — параметром, показывающим отношение тока в цепи (фототока) к световому потоку или освещенности их рабочей поверхности. Чувствительность фоторезисторов при таком ее определении оказывается зависимой и от напряжения источника питания, поскольку величина фототока линейно зависит от него. В этом отношении фоторезисторы подобны обычным резисторам и их вольтамперные характеристики, полученные при неизменной освещенности, представляют собой прямые, угол наклона которых определяется величиной освещенности. В связи с этим значения чувствительности указывают для определенного рабочего напряжения или выражают в виде так называемой удельной чувствительности на единицу напряжения.

Наибольшей чувствительностью обладают сульфидно-кадмиевые фотосопротивления ФСК-1 и селенисто-кадмиевые — ФСД-1. Значения удельной чувствительности для этих фотосопротивлений достигают $6 \cdot 10^3$ и $30 \cdot 10^3$ *мка/(лм · в)* соответственно, т. е. чувствительность их в десятки тысяч раз больше, чем у вакуумных фотоэлементов. Однако чувствительность дает лишь примерное представление о ходе световой характеристики фоторезистора, отражающей зависимость фототока (при неизменном напряжении питания) от величины освещенности. Причиной этому является нелинейность данной характеристики. Увеличение фототока оказывается меньше соответствующих приращений освещенности, и зависимость имеет характер показательной кривой:

$$I = AE^{\alpha},$$

где I — фототок, *мка*; E — освещенность, *лк*; A — коэффициент пропорциональности; α — показатель, меньший единицы.

Иначе говоря, чувствительность фоторезистора оказывается различной в разных точках световой характеристики и уменьшается с ростом освещенности. Соответственно этому искажается и ход кривой изменения сопротивления, зависимый при более точном рас-

смотрении и от начального темнового сопротивления:

$$R_{\text{ф}} = \frac{1}{E^{\alpha}/A + 1/R_{\text{т}}},$$

где $R_{\text{ф}}$ — сопротивление на свету; $R_{\text{т}}$ — темновое сопротивление.

Эти обстоятельства и затрудняют использование фоторезисторов для точных измерений освещенности, тем более что в фотографических щелях были бы желательны, напротив, поправки на нелинейность кривой светочувствительности фотоматериалов.

Тем не менее применять фоторезисторы в экспонометрах можно и даже выгодно ввиду их высокой чувствительности. Темновое сопротивление фоторезисторов ФСК-1 и ФСД-1 достигает 50—100 *Мом,* что позволяет не учитывать его влияния. Значения же показателя α для этих фоторезисторов оказываются достаточно близкими к единице.

При градуировке опытным путем экспонометров, имеющих шкалу для считывания величин выдержки, такая нелинейность световой характеристики незаметна. Сложнее оказывается ввести коррекцию нелинейности этой характеристики в автоматических копировальных устройствах, а также в экспонометрах, использующих готовую шкалу (подобно описанному ранее). В этих случаях диапазон изменений освещенности, в котором обеспечивается достаточная точность определения выдержки, несколько сокращается. Это требует при изменении плотности негативов в больших пределах либо корректировать чувствительность прибора, либо (весьма приблизительно) поддерживать неизменной получаемую освещенность фотобумаги. Последнее значительно проще и, кроме того, полезно с точки зрения фотографических требований.

Далее приводится описание простейшего экспонометра с фоторезистором ФСД-1. Использование последнего предпочтительно в силу значительно меньшей его инерционности в сравнении с фоторезисторами типа ФСК. (При малых значениях освещенности процесс установления величины последних может длиться несколько секунд.)

Схема экспонометра (рис. 58) подобна схеме обычного омметра с той лишь разницей, что для учета светочувствительности фотобумаги введен орган плавной регулировки (переменный резистор R_3), позволяющий изменять показания прибора при неизменной измеряемой величине $R_{\text{ф}}$. В схемах обычных омметров ступенчатая регули-

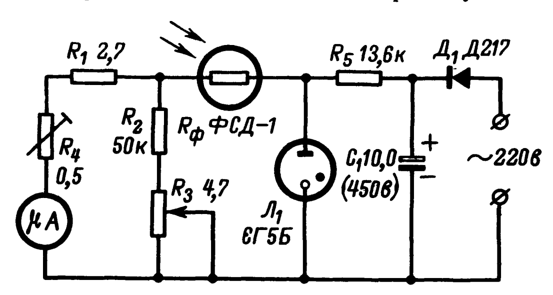


Рис. 58. Схема экспонометра с фоторезистором.

ровка дает возможность, напротив, получать неизменные отклонения стрелки прибора при различии измеряемой величины в несколько раз (например, в 10).

Ток, протекающий в цепи стрелочного измерительного прибора в такой схеме, равен:

$$I_{пр} = \frac{U}{R_ф (1 + R_{доп}/R_ш) + R_{доп}},$$

где U — напряжение питания, *в*; $R_ф$ — измеряемое фотосопротивление, *ом*; $R_{доп}$ — дополнительное сопротивление ($R_1 + R_4$), ом; $R_ш$ — сопротивление шунта, равное сумме сопротивлений R_2 и R_3, *ом*.

Зависимость тока $I_{пр}$ более точно, чем в ранее описанной схеме, повторяет характер зависимости тока в обычном омметре и отличается лишь множителем ($1 + R_{доп}/R_ш$), изменения которого и дают возможность корректировки показаний для учета светочувствительности фотобумаги. Благодаря этому при наличии в стрелочном приборе градуированной шкалы сопротивлений ее можно без каких-либо поправок использовать для считывания величины определяемой выдержки. С учетом приведенных выражений величина считываемой выдержки оказывается

$$t = n_{ср} \frac{A}{E^{\alpha}} (1/R_ш + 1/R_{доп}),$$

где $n_{ср}$ — значение среднего деления на шкале.

Сопротивление резистора R_1 указано на схеме в расчете на стрелочный прибор с максимальным отклонением при токе 50 *мка*. Для прибора другой чувствительности величина R_1 находится из выражения

$$R_1 = R_{доп} = U/I_{пр.макс} - R_4.$$

Точный подбор добавочного сопротивления производится с помощью переменного резистора R_4, ось которого выведена «под шлиц». В установке движка этого резистора в положение, при котором показания прибора (при закороченном фоторезисторе) максимальны, собственно и заключается наладка схемы экспонометра.

Ось переменного резистора R_3 снабжается шкалой светочувствительности фотобумаг, которая либо градуируется опытным путем при пользовании экспонометром, либо снабжается относительными делениями. Последние наносятся при таком освещении фоторезистора, при котором в нижнем (по схеме) положении движка резистора R_3 стрелка прибора совпадает с одним из делений в правой части шкалы. Затем, вращая ручку резистора, отмечают положения, при которых показания прибора увеличиваются в 2, 5, 10 раз и т. д.

Калибровка экспонометра производится подобно тому, как это описано для схемы рис. 57, т. е. по одному или нескольким пробным отпечаткам выбирается положение ручки резистора. В тех случаях, когда градуировочные деления на шкале прибора оказываются неподходящими для отсчета выдержки (например, среднее деление может иметь значение 0,1 *ком*), при калибровке условно вводят множитель, который учитывается и в дальнейшем, во время считывания показаний.

Полуавтоматический экспозиметр

Любая из описанных схем реле времени может быть объединена со схемой электронного экспонометра. При этом образуется комбинированный прибор, способный выполнять функции как той, так и другой схемы. Используя его при фотопечати, значения необходимых выдержек определяют по шкале экспонометра, а затем устанавливают их по соответствующим шкалам реле времени.

Прибор подобного назначения описывается далее. Однако схема его построена так, что необходимость раздельного считывания и установки выдержек отпадает. Наличие заранее проградуированных

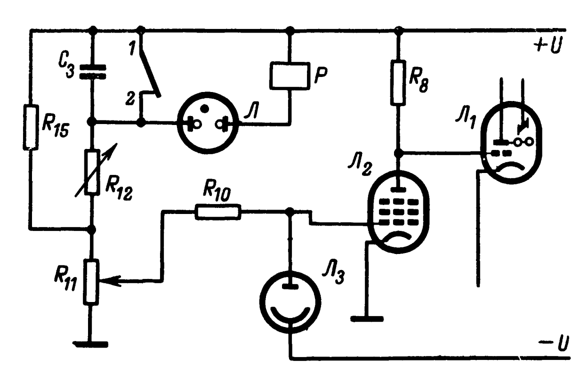


Рис. 59. Принципиальная схема полуавтоматического экспозиметра.

шкал также оказывается необязательным. Определение величины выдержки и подготовка схемы к ее отсчету происходят одновременно, причем при очень несложных действиях со стороны операторов. По существу прибор обладает свойством памяти, что и придает ему целый ряд положительных качеств.

Принцип действия прибора можно рассмотреть по упрощенной схеме на рис. 59, нумерация элементов которой соответствует его схеме (рис. 60). С помощью вакуумного фотоэлемента $Л_3$ производится измерение освещенности в сюжетно важном участке (или точке) фотокадра. Напряжение, выделяемое на нагрузочном резисторе R_{10}, пропорционально освещенности, что дает возможность судить о величине необходимой выдержки. Это отрицательное по знаку напряжение включено в цепь управляющей сетки лампы $Л_2$ последовательно с положительным напряжением, снимаемым с движка потенциометра R_{11}, которое является частью напряжения питания схемы и зависит от соотношения сопротивлений резисторов R_{11}, R_{12} и R_{15}.

Схема построена так, что резисторы R_{11} и R_{12}, входящие в делитель напряжения, составляют зарядную цепь конденсатора C_3 и определяют продолжительность экспонирования. Благодаря этому напряжение, выделяющееся на резисторе R_{11}, указывает на величи-

ну выдержки, которая будет автоматически отсчитана при дальнейшем действии схемы.

Движок потенциометра R_{11} можно установить так, чтобы снимаемое с него напряжение компенсировало напряжение на резисторе R_{10} при данной освещенности фотоэлемента $Л_3$. Баланс напряжений отмечается электронно-оптическим индикатором $Л_1$, для которого лампа $Л_2$ служит усилителем разности указанных напряжений. В момент баланса напряжение на входе усилительного каскада равно нулю, а угол теневого сектора на экране лампы $Л_1$ благодаря выбранному режиму работы ламп минимален.

При изменении освещенности (например, вследствие смены негатива) можно, оставив неизменным положение движка потенциометра R_{11}, добиваться баланса подбором сопротивления резистора R_{12}. Тогда общее сопротивление цепи R_{11}, R_{12} и R_{15} окажется зависимым (и притом обратно пропорционально) от величины освещенности фотоэлемента $Л_3$. Зависимой окажется и отсчитываемая выдержка, а схема всякий раз будет автоматически подготовлена к ее отсчету.

Потенциометр R_{11} используется для учета светочувствительности фотобумаги. Перемещение его движка вверх (по схеме) соответствует понижению светочувствительности. Необходимое положение движка потенциометра R_{11} легко найти, если известно значение оптимальной выдержки для одной величины освещенности, т. е. положение ручки R_{12} при изготовлении пробного отпечатка с одного негатива.

Исключение при отсчете выдержки из зарядной цепи резистора R_{15} делается для того, чтобы учесть нелинейный характер увеличения выдержки при уменьшении освещенности. При малом сопротивлении резистора R_{12}, соответствующем значительной освещенности, это очень мало влияет на общее сопротивление зарядной цепи, но оно становится заметным при большом сопротивлении этого резистора. Благодаря этому характер изменения выдержки при изменении освещенности оказывается нелинейным и близким к необходимому для большинства фотобумаг.

Плавная регулировка выдержки переменным резистором R_{12} происходит в пределах от 0,5 *сек* до 0,5 *мин*. Для расширения диапазона работы последовательно с резисторами R_2 и R_{15} переключателем $П_1$ (рис. 60) вводятся дополнительные резисторы (на схеме показаны R_{13}, R_{16} и R_{14}, R_{17}). Переключатель $П_1$ имеет восемь положений, в каждом из которых вводятся резисторы, соответственно равные R_{12} и R_{15}. При этом выдержка изменяется ступенчато с интервалом 0,5 *мин*. Общий диапазон работы составляет от 0,5 *сек* до 4 *мин*.

Описанный принцип автоматической подготовки схемы к отсчету выдержки значительно упрощает расчет и изготовление прибора и в то же время повышает точность его работы. При определении выдержки оказываются учтенными факторы, которые могли бы повлиять на ее величину (изменение параметров фотоэлемента и разрядной лампы реле времени, колебания питающего напряжения и т. п.). Тем более не может отразиться изменение коэффициента усиления ламп $Л_1$ и $Л_2$, являющихся нуль-индикатором. Учет всех этих факторов в обычных комбинированных схемах реле времени и экспонометров весьма затруднителен.

Отдельная шкала экспонометра при таком принципе действия прибора исключается. Шкала времени, которой может быть снабже-

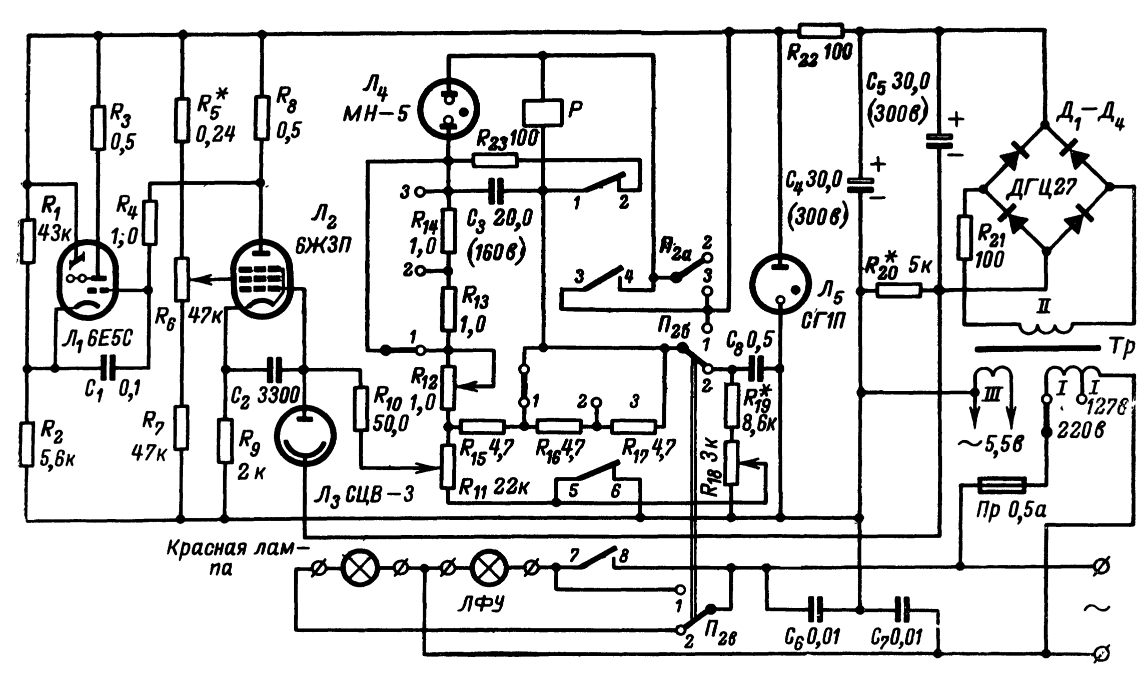


Рис. 60. Схема полуавтоматического экспозиметра.

на ручка переменного резистора R_{12}, одновременно позволяет считывать данные о выдержках или использовать прибор как обычное реле времени. В случае применения резисторов с линейной зависимостью (вид А) деления шкалы будут расположены равномерно.

Работа прибора разделяется на два этапа: определение выдержки и отсчет ее. Для выбора рода работы служит переключатель $П_2$. В качестве его использован телефонный ключ на три положения, одно из которых (*3*) нефиксирующееся. Определение выдержки и подготовка схемы к отсчету производятся при нахождении контактов $П_{2б}$ и $П_{2в}$ в положении *1*. Положение *2* контактов переключателя $П_2$ (нейтральное для ручки ключа) соответствует отсчету выдержки или готовности прибора к этому. В этом же положении производятся проверка и установка «нуля» индикатора $Л_1$, т. е. сужение теневого сектора на его экране при затененном фотоэлементе $Л_3$.

Для установки нуля служит потенциометр R_6, изменяющий напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_2$ и, следовательно, анодный ток и напряжение на аноде этой лампы. Сужение сектора происходит при разности напряжений на аноде лампы $Л_2$ и катоде лампы $Л_1$, равной 3 *в*. Конденсаторы C_1 и C_2, блокирующие управляющие сетки лампы $Л_1$ и $Л_2$, служат для уменьшения наводок.

При переводе ручки ключа в пусковое, нефиксирующееся положение *3* контакты $П_{2а}$ замыкают цепь питания электромагнитного реле *Р*. Последнее срабатывает и самоблокируется контактами *3* и *4*. Контакты реле *7* и *8* включают лампу фотоувеличителя *ЛФУ*, и начинается процесс экспонирования. Ток через обмотку реле *Р* определяется сопротивлениями резисторов R_{18} и R_{19} (сопротивление резистора R_{19} подбирается в зависимости от тока срабатывания реле). В данной схеме использовано реле типа РКМ с током срабатывания 10 *ма*.

Заряд конденсатора C_3 происходит через резисторы R_{11} и R_{12}. Зарядное напряжение регулируется проволочным потенциометром R_{18}. Эта регулировка используется для корректирования шкалы времени при смене разрядной лампы $Л_4$. Вместо неоновой лампы могут быть использованы также газоразрядные стабилитроны типа СГ-2С и СГ-16П, обеспечивающие более длительное сохранение градуировки шкал.

Для того чтобы перемещение движка потенциометра R_{18} не влияло на градуировку шкалы светочувствительности, движок после отсчета выдержки контактами реле *5* и *6* соединяется с общим проводом схемы.

Выключение лампы фотоувеличителя происходит при заряде конденсатора C_3 до напряжения зажигания неоновой лампы $Л_4$. Ток разряда конденсатора C_3, проходящий при этом через лампу $Л_4$ и обмотку реле, направлен встречно рабочему току обмотки. Действие их взаимно компенсируется, и якорь реле освобождается. После срабатывания схемы конденсатор C_3 окончательно разряжается на резистор R_{23}, включаемый контактами *1* и *2* реле.

Питание схемы производится от выпрямителя на полупроводниковых диодах $Д_1$—$Д_4$. Выпрямленное напряжение стабилизировано стабилитроном $Л_5$. Для питания фотоэлемента $Л_3$ используется напряжение, выделяющееся на гасительном резисторе R_{20}, который при наладке схемы подбирается так, что ток через лампу $Л_5$ составляет

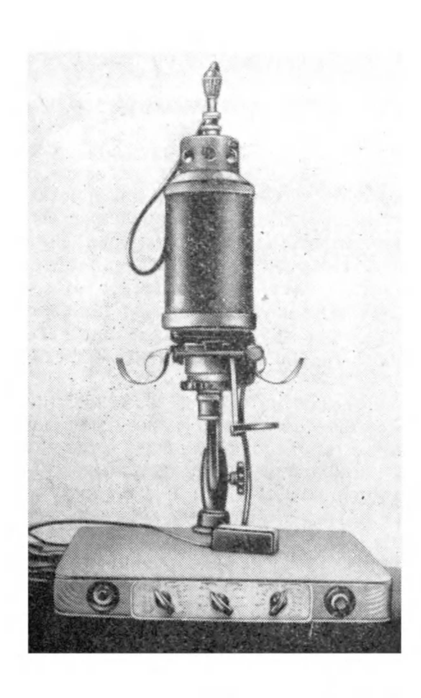


Рис. 61. Внешний вид фотоувеличителя с полуавтоматическим экспозиметром.

около 10 *ма* при включенном реле *Р*. Трансформатор питания выполнен на сердечнике сечением 6 *см*². Обмотка *I* (сетевая состоит из 2 270 витков провода ПЭВ 0,21 с отводом от 1 100-го витка для включения в электросеть 127 *в*, обмотки *II* (повышающая) — из 2 200 витков ПЭВ 0,15 и обмотка *III* (накальная) — из 56 витков ПЭВ 0,5. Возможно применение и готовых трансформаторов от радиовещательных приемников. В этом случае в цепь накала ламп $Л_1$ и $Л_2$ необходимо включить гасящий резистор для понижения напряжения до 5,5 *в*.

Монтаж прибора произведен в столике увеличителя (рис. 61 и 62). Ручки управления и оптический индикатор $Л_1$ располагаются на передней стенке столика, что создает значительные удобства при работе. Ось потенциометра R_6 (*Установка нуля*) выведена под дно столика; на конце ее укреплен рифленый диск. Фотоэлемент $Л_3$ помещается в отдельной коробке с отверстием диаметром 6 *мм*, расположенном против фотокатода. Соединение фотоэлемента со схемой производится экранированным кабелем с высоким сопротивлением изоляции.

Наладка прибора мало отличается от обычной наладки схем реле времени. Особенностью ее является подбор режима лампы $Л_2$; резистор R_5 должен быть таким, чтобы при отсутствии внешнего напряжения на управляющей сетке лампы $Л_2$ теневой сектор лампы $Л_1$ сужался при среднем положении движка потенциометра.

Автоматические экспозиметры

Помимо рассмотренных приборов с предварительным определением выдержки существуют, как уже упоминалось, реле времени, автоматически отсчитывающие выдержку нужной при данных условиях продолжительности. Такие приборы по существу измеряют производимую экспозицию, ограничивая ее на заданной величине, что и объясняет наименование их как автоматических экспозиметров.

Наиболее простым, хотя и не единственным, путем построения автоматических экспозиметров является замена резистора во времязадающей цепи конденсаторного реле времени светочувствительным датчиком, изменяющим под воздействием света свое сопротив-

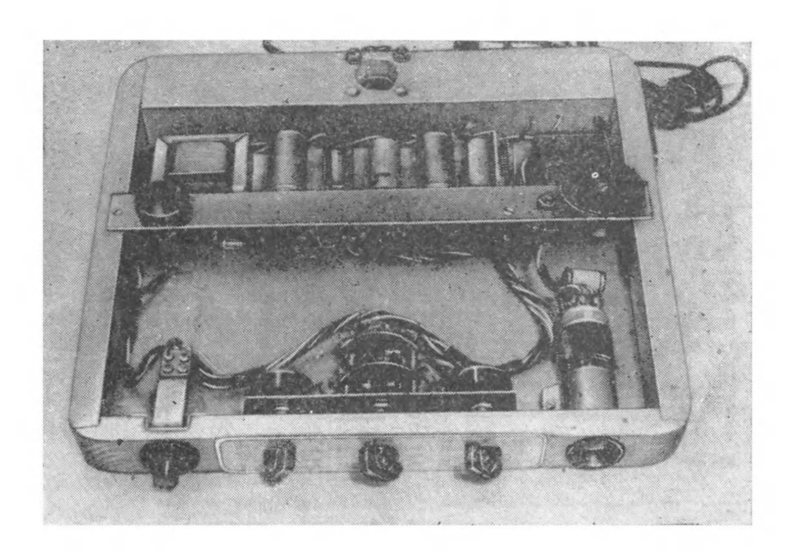


Рис. 62. Вид полуавтоматического экспозиметра со стороны монтажа.

ление или величину протекающего тока, т. е. фоторезистором или фотоэлементом с внешним фотоэффектом. В этом случае напряжение заряда конденсатора оказывается мерой не только истекшего времени, но всего количества освещения — экспозиции, независимо от возможных колебаний уровня освещенности.

Выдержка, отсчитываемая реле времени с нелинеаризированной времязадающей цепью при использовании в ней фоторезистора, оказывается зависимой от освещенности и определяется следующим выражением:

$$t = R_{\Phi}C \ln \frac{U_0}{U_0 - U_з} \approx \frac{AC}{E} \ln \frac{U_0}{U_0 - U_з}$$

(где обозначения соответствуют принятым на стр. 54 и 83).

Из него следует, что производимая экспозиция

$$H = Et = AC \ln \frac{U_0}{U_0 - U_з}$$

постоянна, поскольку постоянны величины, входящие в правую часть этого выражения.

Изменение этих величин и позволяет осуществить выбор экспозиции или иначе независимую от освещенности регулировку выдержки применительно к светочувствительности фотобумаги и ряду других конкретных условий печати. В их число входит и метод измерения освещенности; при регистрации ее интегральных значений необходимым оказывается учет соотношения площадей светлых и темных мест изображения. Требуемые пределы такой регулировки зада-

ются в основном различием в светочувствительности фотобумаг и составляют отношение порядка 30—40 раз.

Регулировка выдержки изменением напряжений источника питания и реагирования $U_з$ обычно возможна лишь в сравнительно небольших пределах (до 2—3 раз), и поэтому необходимо изменять и емкость конденсатора C, что практически осуществимо лишь в сторону ее уменьшения. В то же время последнее допустимо лишь в схемах, содержащих усилительные элементы (лампы, транзисторы и т. п.).

Все это существенно сужает круг схем реле времени, пригодных для работы в автоматизированном режиме. Из рассмотренных в данной книге наиболее пригодна схема реле времени с двойным управлением выдержкой (рис. 53), нуждающаяся в дополнении лишь фоторезистором (типа ФСД-1 или ФСК-1), включаемым в гнезда для вынесенного резистора. Вполне достаточным оказывается диапазон плавной регулировки выдержки, но допустимо и практически любое изменение емкости времязадающей цепи.

Основой для автоматического экспозиметра может послужить также схема реле времени с транзистором (рис. 47), которая, однако, требует некоторых изменений в ступенчатой регулировке выдержки, что может быть выполнено, например, так, как в приборе, рассматриваемом далее.

Данный прибор (рис. 63) может быть отнесен к числу экспозиметров, но более универсален по назначению, и автоматическое экспонирование является лишь одним из режимов его работы. Помимо этого он может быть использован в режимах с автоматической подготовкой к отсчету выдержки, а также с ее раздельными определением и отсчетом. Индикация и изменения производятся с помощью стрелочного микроамперметра со шкалой, градуированной в единицах сопротивления. Такое совмещение функций экспонометра и двух разновидностей экспозиметров оказывается весьма удобным, поскольку эти три возможных способа автоматизации фотопечати не равноценны, и предпочтение тому или иному из них определяется конкретными условиями фотографической практики. Помимо этого устраняются и некоторые недостатки, свойственные автоматическим экспозиметрам. В частности, выбор нужного места расположения светочувствительного датчика из-за отсутствия индикации обычно затруднен. В данном случае это легко выполняется при ориентировке по шкале для определения выдержек, что дает также возможность объективно и быстро оценить интервал экспозиций негатива.

В измерительную часть схемы прибора (рис. 63) кроме микроамперметра (с током полного отклонения 50 *мка*) и фоторезистора R_6 типа ФСД-1 входит группа регулировочных и подстроечных резисторов R_7—R_{15}, коммутируемых клавишным переключателем. В зависимости от сочетания положений его контактов K_1—K_4 образуется либо схема экспонометра (совпадающая с ранее рассмотренной), либо измерительного моста сопротивлений, с помощью которого приходит измерение освещенности и запоминание ее величины. С этой целью в одно из плеч моста может входить переменный резистор R_{13}, который при последующем отсчете выдержки определяет ее продолжительность. Наконец, фоторезистор R_6 может быть введен непосредственно в схему отсчета времени, что используется при автоматическом экспонировании.

Для учета светочувствительности фотобумаги, а также ряда других факторов предусмотрено несколько корректирующих органов.

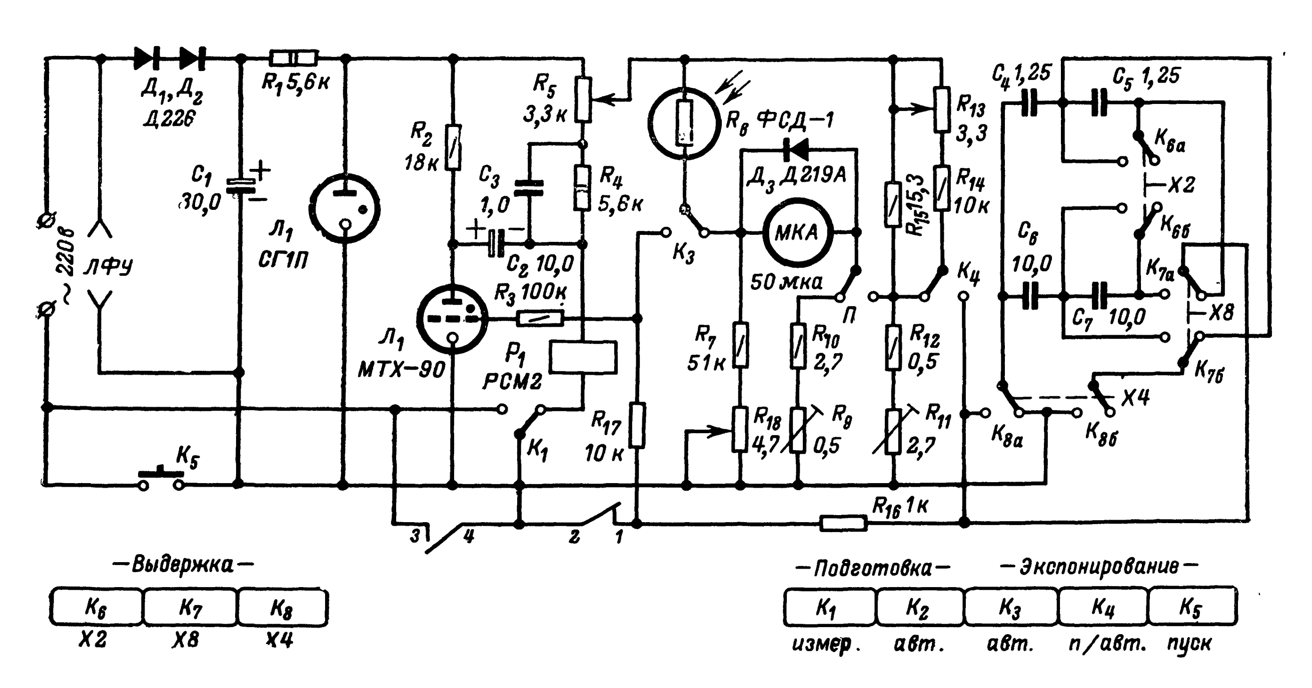


Рис. 63. Схема универсального автоматического экспозиметра.

Два из них действуют при отсчете выдержки и непосредственно влияют на ее продолжительность.

В этих целях зарядная емкость схемы реле времени составлена из 4 конденсаторов C_4—C_7, коммутация которых дает возможность получить 6 градаций емкости и изменять выдержку от 1 до 32 раз с кратностью 2. Это осуществляется с помощью отдельного трехсекционного клавишного переключателя. Монтаж и расположение его клавиш выбраны так, что нажатие двух соседних из них, порознь увеличивающих выдержку, например, в 2 и 8 раз, вызывает ее увеличение в 16 раз. Данная регулировка может быть выполнена и с использованием поворотного переключателя на 2 направления и 6 положений.

Для плавной регулировки в пределах примерно от 1 до 2 раз предназначен потенциометр R_5, с помощью которого изменяется зарядное напряжение (при измерениях его влияние из-за разрыва цепи мало). Шкала этого потенциометра снабжается делениями с градуировкой от 0,7 до 1,5, показывающими изменение отсчитываемой выдержки. Продолжительность последней отмечается на шкале резистора R_{13}. При этом наносится несколько шкал (2—3), среди которых желательно наличие шкалы, соответствующей минимальной зарядной емкости, и шкалы, по градуировке близкой к шкале микроамперметра.

Максимальная продолжительность выдержки при полуавтоматическом экспонировании составляет примерно 1,5 *мин*. При необходимости она может быть увеличена за счет применения более высокоомного резистора для установки выдержки (R_{13}) или включения дополнительных резисторов последовательно с ним.

Сопротивление фоторезистора при слабой освещенности, особенно в случае регистрации отраженного света, может значительно превышать максимальную величину R_{13}. Поэтому при переходе к автоматическому экспонированию в общем случае требуется уменьшать множители выдержки при той же светочувствительности фотобумаги. Но возможны и иные варианты сопряжения коррекции в различных режимах работы прибора.

В любом варианте для точного сопряжения используется переменный резистор R_8, который входит в схемы экспонометра и измерительного моста. При этом в режиме *Измерение* его сопротивление влияет на показания микроамперметра, а в режиме автоматической подготовки от него зависит положение, в котором при балансе моста окажется движок резистора R_{13}. Это дает возможность коррекции, действующей только в двух этих режимах. Сопряжение их между собой осуществляется с помощью подстроечного резистора R_{11}, оказывающего в режиме подготовки такое же действие, как и резистор R_8. Постоянные резисторы R_7, R_{12}, R_{14}, входящие в плечи моста, ограничивают ток при возможных кратковременных перегрузках микроамперметра. Такую же цель преследует включение диода $Д_3$, необходимого ввиду недостаточно больших величин R_7R_{14}. Увеличение их допустимо, но поведет к сокращению диапазонов коррекции и регулировки выдержки.

Управление работой электромагнитного реле P_1 (типа РСМ-2), коммутирующего лампу фотоувеличителя *ЛФУ*, осуществляется нефиксирующейся клавишей K_5 при включении и тиратроном $Л_2$, пропускающим встречный, выключающий ток. Источником последнего является конденсатор C_2. Пусковой ток в обмотке реле больше удерживающего тока за счет заряда этого конденсатора, а также

(и в основном) конденсатора C_3. При использовании реле другого типа резисторы R_4, R_5 в его цепи подбираются по току удержания реле, но так, чтобы напряжение в точке их соединения превышало на 15—20 *в* потенциал зажигания тиратрона по управляющей сетке, т. е. было примерно 100 *в*.

Окончательная наладка прибора производится в условиях его практического использования и состоит в установке нуля шкалы экспонометра и сопряжении коррекции в режимах автоматической подготовки и измерений.

Предварительно для одного из негативов и данной фотобумаги находят оптимальную продолжительность выдержки, которую устанавливают с помощью переключателя емкости и резистора R_{13}. При этом необходимо учитывать, что при последующей автоматической подготовке продолжительность выдержки будет изменяться только резистором R_{13}, и поэтому нельзя допускать крайних положений его ручки.

В режиме *Измерение* при закороченном фоторезисторе с помощью подстроечного резистора R_9 стрелку микроамперметра устанавливают на нуль шкалы выдержек. После этого, помещая фоторезистор в наиболее светлой части изображения, изменением положения ручки резистора R_8 совмещают стрелку с делением шкалы (точно или с учетом множителя), указывающим найденную продолжительность выдержки.

Далее в режиме автоматической подготовки с помощью подстроечного резистора R_{11} стрелку устанавливают на одном из делений или на специальную отметку в левой части шкалы (не изменив перед этим положение ручки резистора R_{13}).

При автоматическом экспонировании фоторезистор помещают над столиком фотоувеличителя или непосредственно на нем в неиспользуемой части проецируемого изображения. В случае печати на фотоматериале с тонкой или прозрачной подложкой фоторезистор может быть помещен под ним в сюжетно-важном участке изображения. Работа в этом режиме чаще всего требует изменения множителей выдержки. Ориентировочно это изменение находится сравнением уже известной оптимальной выдержки и показаний экспонометра в режиме *Измерение* при выбранном новом расположении фоторезистора.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Основные данные некоторых типов электромагнитных реле

Тип	Обозначение или номер паспорта	Обмотка реле		Максимальный ток срабатывания, *ма*	Минимальный ток отпускания, *ма*	Рабочее напряжение, *в*	Примечания
		Сопротивление, *ом*	Число витков				
РЭС-9	РС4.524.200Сп	500	4 600	30	5	23—32	Две группы контактов на переключение
	РС4.524.201Сп	500	4 600	30	5	23—32	
	РС4.524.202Сп	72	1 800	80	13	10	
	РС4.524.203Сп	30	1 400	108	18	6+1	
	РС4.524.204Сп	9 600	21 000	7	1,1	—	
	РС4.524.205Сп	3 400	13 000	11	1,7	—	
	РС4.524.208Сп	9 600	21 000	7	1,1	—	
РЭС-10	РС4.524.300Сп	4 500	11 000	6	—	—	Износоустойчивость контактов реле не менее 100 000 срабатываний при нагрузке 0,2*а*, 115 *в*
	РС4.524.305Сп	1 600	6 500	9,5	—	—	
	РС4.524.308Сп	120	1 800	35	—	7—18	
	РС4.524.301Сп	4 500	11 000	8	—	—	
	РС4.524.302Сп	630	4 000	22	—	24—40	
	РС4.524.303Сп	120	1 800	50	—	9—18	
	РС4.524.304Сп	45	1 100	80	—	5,5—11 (550 *гц*)	
РСМ-1	Ю.171.81.01	525	4 500	26	—	—	Для реле типа РСМ ток через контакты не более 1 *а*. Две нормально разомкнутых контактных группы
	Ю.171.81.20	750	5 000	25	5	—	
	Ю.171.81.50	60	1 400	68	—	—	
	Ю.171.81.53	250	3 000	40	—	—	
	Ю.171.82.43	200	2 800	45	8	—	
РСМ-2	Ю.171.81.02	525	4 500	26	4,5	—	Одна нормально замкнутая и одна нормально разомкнутая группа
	Ю.171.81.21	750	5 000	24	—	—	
	Ю.171.81.30	750	5 000	25	5	—	
	Ю.171.81.31	120	2 100	70	—	—	
	Ю.171.81.51	60	1 400	68	—	—	
	Ю.171.81.54	750	500	24	—	—	
РСМ-3	Ю.171.81.22	750	5 000	24	—	—	Две нормально разомкнутые контактные группы
	Ю.171.81.32	120	2 100	65	—	—	
	Ю.171.81.55	525	4 500	—	—	18	

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 28 коп.